

**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 30 (69) № 6 2019

Частина 2



Видавничий дім
«Гельветика»
2019

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 № 4 від 20.12.2019 року)**

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

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук відповідно Наказу Міністерства освіти і науки України від 28.12.2017 № 1714 (додаток 7)

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, 2019

ЗМІСТ

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

Бернацький А.В., Шелягін В.Д., Сидорець В.М., Сіора О.В., Шуба І.В., Курило В.А., Сучек О.М. СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ В РІЗНИХ ПРОСТОРОВИХ ПОЛОЖЕННЯХ.....	1
---	---

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Булавка С.С. ЗАСТОСУВАННЯ ДИФУЗОРА ПОВІТРЯ ДЛЯ ТЕРМОСТАТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ РАКЕТИ-НОСІЯ....	6
---	---

ПРИЛАДИ

Петрик В.Ф., Протасов А.Г., Сєрий К.М., Повшенко О.А. ВИКОРИСТАННЯ СЕРІЙНИХ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПОРТАТИВНИХ ДЕФЕКТОСКОПІВ.....	12
---	----

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

Соцков В.О., Загриценко А.М., Деревягіна Н.І. ОБГРУНТУВАННЯ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СЕЛЕКТИВНОЇ ВІДРОБКИ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ДЛЯ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ.....	17
--	----

МЕТАЛУРГІЯ

Гришин О.М., Надточій А.А. ВПЛИВ ДОБАВОК ЗАЛІЗА НА КІНЕТИКУ ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДУ ХРОМУ ВУГЛЕЦЕМ І КАРБІДАМИ.....	24
Єфімова В.Г., Пилипенко Т.М. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ УМОВИ ВИДАЛЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ІЗ РОЗПЛАВУ СТАЛІ ПРИ ЇЇ БЕЗПЕРЕРВНОМУ РОЗЛИВАННІ.....	30

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Бухінік О.О., Пилипенко О.І. ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗОЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОКСИДНИХ ПЛІВОК, ОДЕРЖАНИХ НА СПЛАВИ Тi6Al4V У ЦИТРАТНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ, МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ МІДІ.....	35
Гомеля М.Д., Крисенко Т.В., Степова О.В. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ У ВОДОНАФТОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ.....	41
Іванченко А.В., Пасс О.В. ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЯТОРА ОБЕРТІВ ТУРБИНИ НАСОСА ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ НА АГРЕГАТІ СИНТЕЗУ АМОНІАКУ.....	47
Ларичева Л.П., Черненко Я.М., Ільченко С.А., Бабенко А.В. ПЕРЕРОБКА ЗАЛІЗОВМІСТНИХ ФОСФОРІТІВ ЗА НІТРАТНОСУЛЬФАТНОКИСЛОТНОЮ ТЕХНОЛОГІСЮ.....	52
Лобойко В.О., Товажнянський Л.Л., Кобзєв О.В., Сінческул О.Л. ВПЛИВ ПРОМОТОРІВ ЛУЖНОГО ХАРАКТЕРУ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КАТАЛІЗАТОРА КОНВЕРСІЇ КАРБОН (II) ОКСИДУ ВОДЯНОЮ ПАРОЮ.....	57
Мальшев В.В., Залобовский М.Г., Габ А.И., Шахнин Д.Б., Косенко В.А. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЩІЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ВОЛЬФРАМА И ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ НА ЕГО ОСНОВЕ (ЧАСТЬ 1: ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ГАЗАМИ И ПЕРЕРАБОТКА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ).....	63

Юрченко С.О., Бабенко В.І., Бахмач В.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОКУ ЖУРАВЛИНИ ЯК КОНСЕРВАНТА В РЕЦЕПТУРАХ МАЙОНЕЗІВ.....	69
---	----

ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Азарова Н.Г., Шлапак Г.В., Гарбажій К.С. НЕТРАДИЦІЙНІ ІНГРЕДІЄНТИ В М'ЯСНИХ ПРОДУКТАХ ГЕРОДІЄТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ....	74
Антоненко А.В., Земліна Ю.В., Грищенко І.М., Приходько К.О., Потапенко О.О., Зволинська В.В. ТЕХНОЛОГІЯ ЯЄЧНО-МАСЛЯНОГО СОУСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОЛІЇ З ПЛОДІВ АВОКАДО.....	80
Войтик П.М., Мазурок Д.М., Турчин І.М. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАРБУЗОВОГО МОРОЗИВА.....	86
Ditrikh I.V., Niemirich O.V., Havrysh A.V., Ustymenko I.M., Gumeniuk A.A. PYRAMIDS AND PLATES OF NUTRITION.....	91
Дубініна А.А., Летуга Т.М., Новікова В.В. СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ ЧЕРЕШНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІКАРСЬКО-РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ.....	98
Любич В.В., Новіков В.В., Лещенко І.А. ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ЛУЩЕННЯ ТА ВОДОТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗЕРНА НА ВИХІД І КУЛІНАРНУ ОЦІНКУ ПЛЮЩЕНОЇ КРУПИ ІЗ ПШЕНИЦІ ПОЛБИ.....	107
Мазурок Д.М., Войтик П.М., Турчин І.М. ПОШУК ОПТИМАЛЬНОЇ ДОЗИ ТА УМОВ ВНЕСЕННЯ ПРЕПАРАТУ В-ГАЛАКТОЗИДАЗИ В КОРОВ'ЯЧЕ МОЛОКО ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА БЕЗЛАКТОЗНОГО ЙОГУРТУ.....	112
Maletskyi M.V., Nalyvaiko A.V., Kondratjuk N.V., Suprunenko K.Ye., Melnikov K.O. DEVELOPMENT OF RECIPE FOR LOW-CALOR ICE CREAM.....	117
Мельник О.В., Худік Л.М. ДЕГУСТАЦІЙНА ОЦІНКА ЯБЛУК З ОБРОБКОЮ 1-МЕТИЛЦИКЛОПРОПЕНОМ.....	121
Польовик В.В., Корецька І.Л., Березова Г.О., Кравчук Н.М. ВИКОРИСТАННЯ СОЛОДКИХ СТРУКТУРОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ДЕСЕРТУ.....	126
Радько І.С., Арпуль О.В., Кобець О.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ САМБУКІВ ЗНИЖЕНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ.....	133
Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ТРАВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	140
Скульська І.В., Цісарик О.Й. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БРИНЗИ.....	146
Таланюк В.В., Шадрін А.О., Юрженко М.В. ТЕХНОЛОГІЯ ЗВАРЮВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ МІКРОСТРУКТУРИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ БІОПОЛІМЕРУ ПГБ.....	151
Янчева М.О., Дроменко О.Б., Большакова В.А., Інжиянц А.Т. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ СОЛІЛЬНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ТЕХНОЛОГІЯХ КОПЧЕНОСТЕЙ.....	157

ТРАНСПОРТ

Жук М.М., Півторак Г.В. ОЦІНКА ПРИТЯГУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ВУЗЛІВ ЗОВНІШНЬОГО ТРАНСПОРТУ ЛЬВОВА.....	162
Сілевич В.Ю. АНАЛІЗ СТАНУ ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА ТА ЙОГО АГРЕГАТІВ ЗА АКУСТИЧНИМ СИГНАЛОМ ЇХНЬОЇ РОБОТИ.....	170

Тирон-Воробьёва Н.Б., Данилян А.Г., Романовская О.Р.
СОВРЕМЕННАЯ «КОНЦЕПЦИЯ-ИССЛЕДОВАНИЕ» ПО ВОПРОСАМ УПРАВЛЕНИЯ
ВОДНЫМ БАЛЛАСТОМ В ЧЕРНОМОРСКИХ ПОРТАХ.....176

Хаврук В.О.
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ТА НОМЕНКЛАТУРИ
АВТОМОБІЛЬНИХ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН.....182

БУДІВНИЦТВО

Левківська Л.В., Горбунович І.В., Елаллак Д.М.
АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА УТВОРЕННЯ ТРІЩИН
В АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТЯХ.....189

Предун К.М., Франчук Ю.Й., Ободянська О.І.
МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ
ЩОДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ МЕТОДОМ ПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ.....195

Черепашук Л.А., Олійник Н.В.
ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ПОКАЗНИКА ТРУДОМІСТКОСТІ БУДІВНИЦТВА
МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ПІД ДІЄЮ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ.....202

ГЕОДЕЗІЯ

Домашенко Г.Т., Міхно П.Б., Артамонов В.В., Рудоман Ю.А.
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ДЛЯ СТРАТЕГІЧНОЇ
ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ГЕНЕРАЛЬНИХ ПЛАНІВ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ.....208

Люльчик В.О., Русіна Н.Г., Петрова О.М.
ЛІДАРИ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ.....215

Олеськів Р.Є., Гера О.В.
СУЧАСНІ ГЕОДЕЗИЧНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....221

ЕЛЕКТРОНІКА

Шапарець М.С., Трапезон О.Г., Трапезон К.О.
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO.....226

Yanenko M.V., Karpluk Ye.S
NOVEL APPROACH OF MODULAR EIT ARCHITECTURE BASED
ON BALANCED CONTROLLED CURRENT SOURCE ARRAY.....232

CONTENTS

MATERIAL PROCESSING IN MECHANICAL ENGINEERING

Bernatskyi A.V., Sheliagin V.D., Sydorets V.M., Siora O.V., Shuba I.V., Kurilo V.A., Suchek O.M. CREATION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR RESEARCH OF LASER WELDING PROCESS IN DIFFERENT SPATIAL POSITIONS	1
--	---

INDUSTRIAL ENGINEERING

Bulavka S.S. APPLICATION OF AIR DIFFUSER FOR THERMOSTATING OF A LAUNCH VEHICLE	6
--	---

EQUIPMENT

Petryk V.F., Protasov A.G., Syeryy K.M., Povshenko O.A. USE OF SERIAL MOBILE DEVICES WHEN DESIGNING PORTABLE DEFECTOSCOPES	12
--	----

RESOURCE DEVELOPMENT

Sotskov V.O., Zagritsenko A.M., Dereviahina N.I. JUSTIFICATION OF MINING AND GEOLOGICAL PARAMETERS OF USAGE OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF SELECTIVE DEVELOPMENT OF COAL SEAMS OF WEST DONBASs	17
--	----

METALLURGY

Hryshyn O.M., Nadtochii A.A. THE EFFECT OF IRON SUPPLEMENTS ON THE KINETICS OF REDUCTION OF CHROMIUM OXIDE BY CARBON AND CARBIDES	24
Yefimova V.G., Pilipenko T.M. PHYSICO-CHEMICAL CONDITIONS FOR THE REMOVAL OF NON-METALLIC INCLUSIONS FROM THE MELT IN THE TUNDISH	30

CHEMICAL TECHNOLOGY

Bykhinuk O.O., Pilipenko O.I. STUDYING THE INSULATING PROPERTIES OF OXIDE FILMS OBTAINED ON THE Ti6Al4V ALLOY IN CITRATE ACID SOLUTIONS USING THE METHOD OF ELECTROCHEMICAL DECORATION BY COPPER	35
Gomelya M.D., Krysenko T.V., Stepova O.V. ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF METAL CORROSION INHIBITORS IN WATER-OIL ENVIRONMENTS	41
Ivanchenko A.V., Pass O.V. THE USING OF THE FEED WATER PUMP TURBIN SPEED REGULATOR IN THE AMMONIA SYNTHESIS	47
Larycheva L.P., Chernenko Ya.M., Ilchenko S.A., Babenko A.V. PROCESSING OF IRON-CONTAINING PHOSPHORITES BY NITRATOSULPHATE ACID TECHNOLOGY	52
Loboyko V.O., Tovazhnyanskyy L.L., Kobziev O.V., Sincheskul O.L. THE EFFECT OF THE ALKALINE PROMOTERS ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE CO-SHIFT CONVERSION CATALYST	57
Malyshev V.V., Zaliubovskyy M.G., Gab A.I., Shakhnin D.B., Kosenko V.A. RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES FOR PROCESSING OF WASTE OF TUNGSTEN AND SOLID ALLOYS ON ITS BASE (PART 1: PHYSICO-MECHANICAL TREATMENT BY GASES AND PROCESSING IN AQUEOUS SOLUTIONS)	63

Yurchenko S.J., Babenko V.I., Bakhmach V.O. INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF CRANBERRY JUICE AS A PRESERVATIVE IN MAYONNAISE FORMULATIONS	69
--	----

TECHNOLOGY OF FOOD PROCESSING AND CONSUMER GOODS INDUSTRY

Azarova N.G., Shlapak G.V., Garbazi K.S. NON-TRADITIONAL INGREDIENTS IN MEAT PRODUCTS FOR HEREDITARY PURPOSE	74
Antonenko A.V., Zemlina U.V., Grischenko I.M., Prihodko K.O., Potapenko O.O., Zvolinska V.V. TECHNOLOGY OF EGG-OIL SAUCE WITH THE USE OF AVOCADO FRUIT OIL	80
Wojtyk P.M., Masurok D.M., Turchyn I.M. DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF GARBUZE ICE CREAM	86
Ditrih I.V., Niemirich O.V., Havrysh A.V., Ustymenko I.M., Gumeniuk A.A. PYRAMIDS AND PLATES OF NUTRITION.....	91
Dubinina A.A., Letuta T.M., Novikova V.V. CURRENT ASPECTS OF BIRD-CHERRY CONSERVATION WITH THE USE OF MEDICINAL PLANT EXTRACTS	98
Liubych V.V., Novikov V.V., Leshchenko I.A. INFLUENCE OF THE DURATION OF DEHUSKING AND WATER HEAT TREATMENT GRAIN OBTAINING AND CULINARY EVALUATION OF WHEAT ROLLED CEREAL EMMER	107
Masurok D.M., Wojtyk P.M., Turchyn I.M. SEARCH OF THE OPTIMUM DOSE AND CONDITIONS OF THE IMPLEMENTATION OF B-GALACTOSIDASE IN THE COW OF MILK IN THE PRODUCTION OF NON-LACTOSE YOGURT	112
Maletskyi M.V., Nalyvaiko A.V., Kondratjuk N.V., Suprunenko K.Ye., Melnikov K.O. DEVELOPMENT OF RECIPE FOR LOW-CALOR ICE CREAM.....	117
Melnyk O.V., Khudik L.M. TASTING EVALUATION OF APPLES WITH 1-METHYLCYCLOPROPENE TREATMENT	121
Polovyk V.V., Koretska I.L., Berezova H.O., Kravchuk N.M. THE USE OF SWEET ORGANIC AMENDMENTS TO IMPROVE THE QUALITY OF THE DESSERT	126
Radko I.S., Arpul O.V., Kobets O.S. RESEARCH OF PROPERTIES OF SAMBUKS WITH REDUCED ENERGY VALUE	133
Simakhina G.O., Naumenko N.V. THE EXPEDIENCE OF USING THE HERBS IN FOOD INDUSTRY	140
Skulska I.V., Tsisaryk O.I. THE IMPROVEMENT OF BRYNZA PRODUCTION TECHNOLOGY	146
Talanyuk V.V., Shadrin A.O., Iurzhenko M.V. WELDING TECHNOLOGY AND PECULIARITIES OF MICROSTRUCTURE OF WELDED COMPOUNDS OF PHB BIOPOLYMER	151
Yancheva M.O., Dromenko O.B., Bolshakova V.A., Inzhyants A.T. THEORETICAL PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF SALINE MIXTURES FOR USE IN SMOKING TECHNOLOGIES	157

TRANSPORT

Zhuk M.M., Pivtorak H.V. THE EVALUATION THE FLOW ATTRACTED BY EXTERNAL TRANSPORT HUB IN LVIV.....	162
Silevich V.Yu. THE PISTON ENGINE AND ITS UNITS STATE ANALYSIS WITH ACOUSTICAL SIGNAL OF THEIR WORK USAGE	170
Tiron-Vorobyova N.B., Danilyan A.H., Romanovska O.R. MODERN “CONCEPT-RESEARCH” ON WATER BALLAST MANAGEMENT IN BLACK SEA PORTS	176

Khavruk V.O. ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE QUANTITY AND RANGE OF AUTOMOTIVE SPARE PARTS.....	182
---	-----

CONSTRUCTION

Levkivska L.V., Gorbunovich I.V., Elallak D.M. ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING FORMATION OF CRACKS IN ASPHALT AND CONCRETE PAVEMENTS	189
Predun K.M., Franchuk Yu.Y., Obodyanska O.I. INTELLECTUAL SUPPORT SIMULATION TAKING OF DECISION ON QUALITY ASSESSMENT NATURAL GAS BY THE PARAMETER COMPARISONS	195
Cherepashuk L.A., Olejnik N.V. REGULARITIES IN THE CHANGE IN THE LABOR INTENSITY OF CONSTRUCTION OF LOW-RISE BUILDINGS, UNDER THE INFLUENCE OF ORGANIZATIONAL A ND TECHNOLOGICAL FACTORS.....	202

GEODESY

Domashenko H.T., Mikhno P.B., Artamonov V.V., Rudoman Yu.A. FEATURES OF THE USE OF EXPERT ASSESSMENTS FOR STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF GENERAL PLANS FOR SETTLEMENTS	208
Liulchyk V.O., Rusina N.G., Petrova O.M. LIDARS: MODERN TECHNOLOGY IN THE SPHERE OF GEODESY AND LAND MANAGEMENT	215
Oleskiv R.E., Gera O.V. MODERN SURVEYING METHODS FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF THE ABOVEGROUND GAS AND OIL INDUSTRY OBJECTS	221

ELECTRONICS

Shaparets M.S., Trapezon A.G., Trapezon K.O. RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF THE RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION SYSTEM BASED ON THE USE OF THE ARDUINO HARDWARE AND SOFTWARE PLATFORM	226
Yanenko M.V., Karpluk Ye.S NOVEL APPROACH OF MODULAR EIT ARCHITECTURE BASED ON BALANCED CONTROLLED CURRENT SOURCE ARRAY.....	232

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.791.039:621.791.725

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/01>

Бернацький А.В.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

Шелягін В.Д.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

Сидорець В.М.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

Сіора О.В.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

Шуба І.В.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

Курило В.А.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

Сучек О.М.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ В РІЗНИХ ПРОСТОРОВИХ ПОЛОЖЕННЯХ

Проблема зварювання складнопрофільних конструкцій зі сталей та сплавів присутня в усіх галузях промисловості. Для її вирішення успішно застосовуються різні способи зварювання. Однак за низки обставин (великих габаритних розмірах, складних профілях, великій масі, тощо), виникає необхідність зварювання у просторових положеннях відмінних від нижнього, що потребує дослідження новітніх технологій зварювання та створення технологічного устаткування для подолання цих проблем. Проведений аналіз публікацій показав, що наукові праці у яких розглянуто вплив просторового положення при лазерному зварюванні на структуру, форму, механічні характеристики та розміри зварних з'єднань, стосуються більше безпосередньо технологічних аспектів процесу, а не вирішенню проблеми створення необхідного технологічного устаткування.

Метою роботи було створення лабораторного устаткування для проведення експериментальних досліджень технологічних особливостей процесів лазерного зварювання сталей та сплавів у різних просторових положеннях. Розроблена конструкторська документація (ескізний проект), на базі якої створено лабораторний стенд. Він являє собою єдиний комплекс взаємопов'язаних електромеханічних та електронних вузлів і агрегатів та технологічного лазера. Створений стенд та допоміжне технологічне оснащення, які пройшли успішне тестування, забезпечують можливість одержання стикових, таврових, кутових та напусткових зварних з'єднань у широкому діапазоні технологічних параметрів.

Перспективними шляхами розвитку створеного технологічного устаткування є вдосконалення конструкції лабораторного стенду у напрямку забезпечення додаткових дискретних значень кутів зварювання, а також можливості неперервної зміни кута безпосередньо в процесі зварювання. Це може бути використано при створенні новітніх технологій не тільки лазерного, а й гібридного лазерно-дугового та лазерно-плазмового зварювання.

Ключові слова: лазерне зварювання, просторові положення, технологічне устаткування, лабораторний стенд.

Постановка проблеми. Проблема зварювання складнопрофільних конструкцій зі сталей та сплавів присутня в усіх галузях промисловості. Для її вирішення успішно застосовуються різні способи зварювання. Однак за низки обставин (великих габаритних розмірах, складних профілях, великій масі тощо), виникає необхідність зварювання у просторових положеннях відмінних від нижнього, що потребує дослідження новітніх технологій зварювання та створення технологічного устаткування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз публікацій показав, що переважна більшість наукових праць присвячена дослідженням лазерного зварювання у нижньому просторовому положенні [1–3]. Окремі наукові праці, у яких розглянуто вплив просторового положення при лазерному зварюванні на структуру, форму, механічні характеристики та розміри зварних з'єднань, стосуються більше безпосередньо технологічних аспектів процесу лазерного зварювання [4–6], що виконувався на існуючому устаткуванні. Воно давало можливість проводити досліди при одному певному куті нахилу площини зварювання без можливості його варіювання. Тому результати досліджень розрізнені і не піддаються систематизації. Вирішенню проблеми створення спеціалізованого технологічного устаткування не приділялося достатньо уваги.

Постановка завдання. Для проведення експериментальних досліджень із лазерного зварювання сталей та сплавів у різних просторових положеннях авторам необхідно було створити устаткування у вигляді лабораторного стану для зварювання у просторових положеннях відмінних від нижнього.

Метою роботи було створити технологічне устаткування у вигляді лабораторного стану для проведення експериментальних досліджень технологічних особливостей процесів лазерного зварювання сталей та сплавів у різних просторових положеннях.

Виклад основного матеріалу дослідження. Лабораторний стан був призначений для створення та відпрацювання технологій лазерного зварювання стикових, таврових, кутових та напусткових зварних з'єднань зі сталі та сплавів товщиною від 0,3 мм до 20,0 мм. Стан являє собою єдиний комплекс взаємопов'язаних електромеханічних та електронних вузлів і агрегатів та технологічного лазера. Рух зварювальної головки здійснюється за координатами X та Z. До стану входять такі складники (обладнання): двокоординатний маніпулятор; рухома платформа; платформа для

кріплення струбцин; блоки керування та автоматизації. Технічні характеристики стану вказані в Таблиці 1.

Розглянемо будову лабораторного стану та його складників, модель якого наведено на Рисунку 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики лабораторного стану для проведення експериментальних досліджень технологічних особливостей процесів лазерного зварювання сталей та сплавів у різних просторових положеннях

Найменування показника	Значення	
Кількість осей, шт.	2	
Максимальна вантажопідйомність, кг	20	
Тривалість включення при + 25°C, не менше, %	50	
Споживана потужність, до кВт	35	
Повторюваність, не гірше, мм	± 0,08	
Прискорення по осях, м/сек ²	1	
Габаритні розміри маніпулятора, мм	700×1500 г	
Швидкість зварювання, см/с	0-25	
Маса маніпулятора, не більше, кг	500	
– довжина ходу по координаті Z, мм	1170	
– довжина ходу по координаті X, мм	540	
Точність позиціонування за координатами, мкм	X	± 70
	Z	± 50
Максимальна швидкість переміщення по координатах, см/с	X	25
	Z	25

У створеному лабораторному стані використані два лінійних сервоприводи на базі синхронних двигунів змінного струму. Напрягою на обмотках двигунів керують сервопідсилювачі (частотні перетворювачі), в яких зворотний зв'язок по положенню здійснюється за допомогою інкрементальних енкoderів. Вали енкoderів жорстко з'єднані з валами двигунів. Номінальна швидкість обертання двигунів становить 50 об/с.

В обох сервоприводах для перетворення обертального руху в поступальний використовується кульково-гвинтові передачі. Крок гвинтів в обох системах становить 10 мм/об. Обидва сервоприводи налаштовані на зовнішнє імпульсне керування положенням і швидкістю переміщення за допомогою дискретного (цифрового) інтерфейсу “Step/Dir”. Вхід “Dir” інтерфейсу управління призначений для керування напрямком переміщенням каретки. Нала-

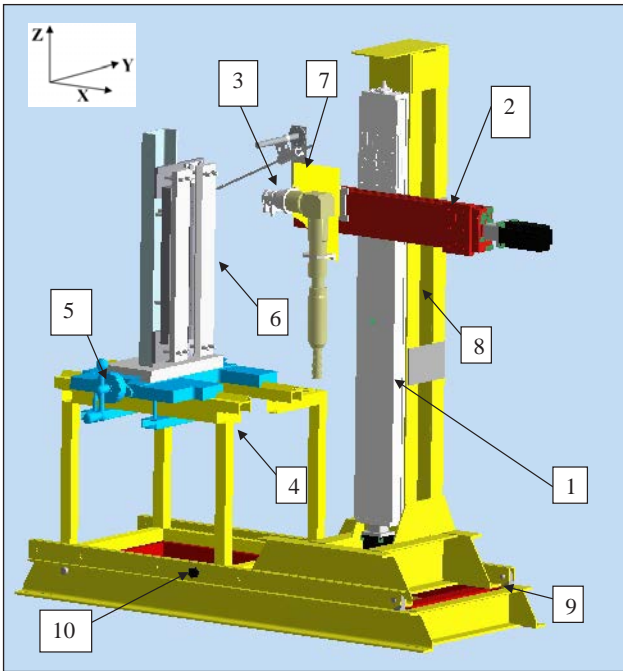


Рис. 1. Модель лабораторного стану, де 1 – модуль лінійного переміщення вздовж осі Z; 2 – модуль лінійного переміщення вздовж осі X; 3 – зварювальна головка; 4 – струбцина для фіксації зварювальних зразків; 5 – платформа для пересування струбцини у площині XY; 6 – струбцина зі зразком; 7 – кронштейн для кріплення зварювальної головки; 8 – колона; 9 – нерухома рама

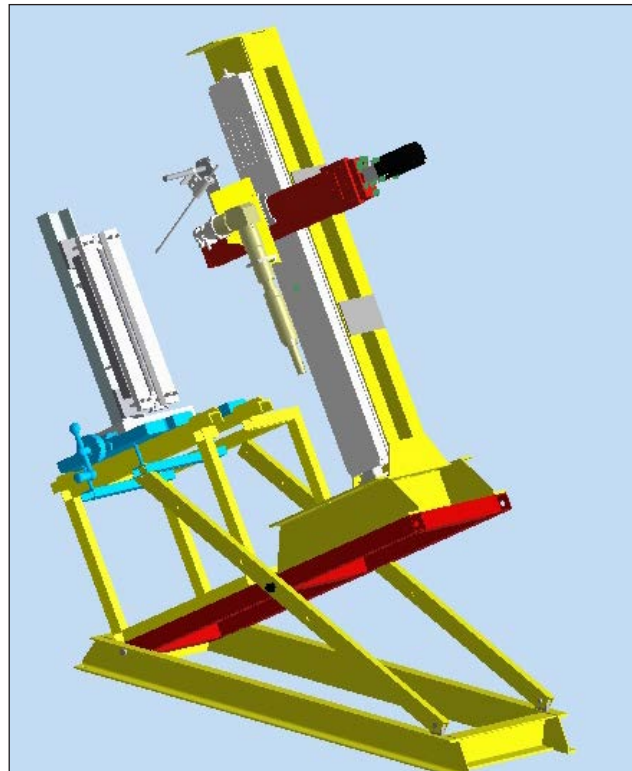


Рис. 2. Модель стану в нахиленому стані

штування обох сервоприводів було здійснено таким чином, що при надходженні одного імпульсу на вхід “Step” інтерфейсу управління каретка переміщується на 10 мкм вперед або назад в залежності від того, який сигнал присутній на вході “Dir”.

Конструктивно лінійні модулі механічно з’єднані один з одним і являють собою ланцюг із трьох ланок. Перша ланка – нерухома рама, яка є базою всієї системи (позиція 9 на Рисунку 1). Розмір нерухокої рами – 1620×650 мм, вона зварена зі сталевих швелерів № 12. Друга і третя ланка – це лінійні модулі (позиції 1 та 2 на Рисунку 1).

Друга ланка пов’язана з першою за допомогою обертового шарнірного механізму (позиція 10 на Рисунку 1). Цей механізм дозволяє відхилити другу ланку від вертикального положення на заданий кут від 0° до 90° (Рисунок 2).

Нахил рухокої рами можливий під дискретними кутами 30°, 45°, 60°, 90°. Фіксація положення рухокої рами під різними кутами здійснюється за допомогою бічних планок і болтів M20. Бічні планки кріпляться на осях корпусів нерухокої рами. Механізм нахилу рами не обладнаний системою сервоприводу, і регулювання кутів здійснюється вручну. Лінійний модуль встановлений на цій ланці закріплений на колоні

висотою 1650 мм (позиція 8 на Рисунку 1), яка зварена зі сталевих швелерів № 16.

Третя ланка (позиція 2 на Рисунку 1) жорстко закріплена на каретці другої ланки. Лазерна головка (позиція 3 на Рисунку 1) закріплена на каретці третьої ланки за допомогою кронштейнів (позиція 7 на Рисунку 1).

У вихідному положенні друга ланка розташована вертикально (Рисунок 1). При такому з’єднанні кожен із лінійних модулів відповідає за переміщення лазерної головки паралельно одному з напрямів декартової системи координат, а саме – друга ланка відповідає за переміщення уздовж координати Z, а третя – за переміщення уздовж координати X. Діапазон ходу по координаті X дорівнює 540 мм, а по координаті Z – 1170 мм.

Для організації управління контурним переміщенням використовується персональний комп’ютер із встановленою операційною системою “Linux”. Для підвищення рівня надійності використовується модифіковане ядро операційної системи реального часу. Це дозволяє забезпечити гарантований час виконання операцій вводу / виводу за задані проміжки часу. Програмне забезпечення, призначене для управління контурним переміщенням, дозволяє конфігурувати систему

числового програмного управління для виконання завдань розрахунку траєкторії контурного переміщення і контролю електроавтоматики. Вбудований інтерполятор дозволяє програмувати переміщення по лінійним, круговим і кубічним сплайнним сегментам траєкторії в 2-х і 3-х мірній системі координат. Для зв'язку системи управління з зовнішнім обладнанням можуть бути використані різні інтерфейси (послідовний порт, USB порт тощо).

Розроблено ескізний проект конструкторської документації, за яким створено технологічне устаткування у вигляді лабораторного стану для проведення експериментальних досліджень технологічних особливостей процесів лазерного зварювання сталей та сплавів у різних просторових положеннях.



Рис. 3. Лабораторний стан для лазерного зварювання сталей та сплавів у різних просторових положеннях

На Рисунку 3 наведено фотографію створеного технологічного устаткування у вигляді лабораторного стану для проведення експериментальних досліджень технологічних особливостей процесів лазерного зварювання сталей та сплавів у різних просторових положеннях.

Перевірку функціональних можливостей створеного технологічного устаткування виконували при проведенні експериментальних досліджень з лазерного зварювання сталей та сплавів у різних просторових положеннях [6]. Роботи виконували з використанням твердотільного Nd: YAG-лазеру "DY044", виробництва фірми "ROFIN-SINAR" (Німеччина) з довжиною хвилі випромінювання $\lambda=1,06$ мкм. Лазерне випромінювання передавалося кварцовому оптичному волокну діаметром 400 мкм і довжиною 20 метрів. З оптоволокну лазерний промінь потрапляв у коліматор, де за допомогою системи оптичних елементів, набував необхідних геометричних розмірів. і Потім він проходив скрізь кварцеву лінзу діаметром 50 мм з фокусною відстанню 300 мм.

Створений стан та допоміжне технологічне оснащення (кронштейни, струбцини, елементи кріплення, тощо) забезпечують можливість одержання стикових, таврових, кутових та напусткових зварних з'єднань зі сталі та сплавів у широкому діапазоні технологічних параметрів.

По схемі, що наведена на Рисунку 4, виконували провари у пластинах зі сталей та сплавів, при різних кутах нахилу α : 90°, 60°, 45°, 30°, 0°. В усіх варіантах (крім нижнього положення), зварювання проводили «на підйом» (рис. 4.а) та «на спуск» (Рисунок 4. б). Кут падіння лазерного випроміню-

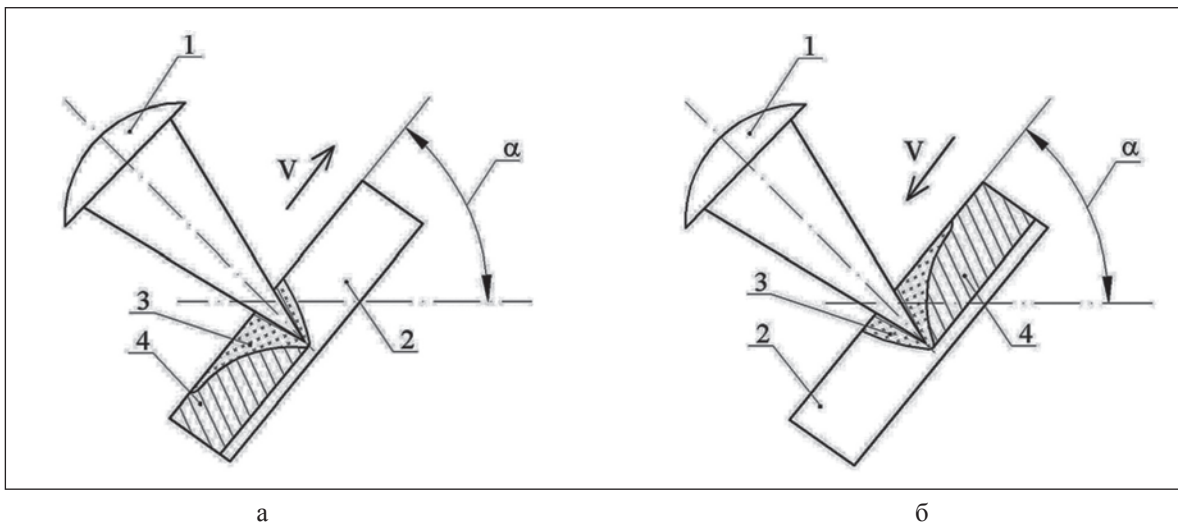


Рис. 4. Схеми лазерного зварювання «на підйом» (а) та «на спуск» (б): 1 – пучок лазерного випромінювання, що фокусується лінзою; 2 – пластина; 3 – зварювальна ванна; 4 – метал шва; α – кут нахилу пластини до горизонтальної площини; V – напрям зварювання

нювання 1 на пластину 2 (Рисунок 4) залишався незмінним при різних просторових положеннях.

Рівень якості зварних з'єднань визначали за діючими стандартами. Згідно вимог стандартів встановлено три рівня якості, що відповідають певному діапазону гранично допустимих розмірів дефектів і відносяться до зварних з'єднань. Визначали кут нахилу, на якому було одержано найбільш якісне з'єднання з найменшою кількістю дефектів. На визначених кутах виконували лазерне зварювання контрольних з'єднань [6].

Перспективними напрямками розвитку створеного технологічного устаткування є:

1) вдосконалення конструкції лабораторного станду у напрямку забезпечення додаткових фіксованих значень кутів зварювання, а також можливості зміни кута безпосередньо при виконанні операції зварювання;

2) використання для створення новітніх технологій не тільки лазерного, а й гібридного лазерно-дугового та лазерно-плазмового зварювання.

Висновки. Створене технологічне устаткування у вигляді лабораторного станду забезпечує можливість одержання стикових, таврових, кутових та напусткових зварних з'єднань зі сталі та сплавів у широкому діапазоні технологічних параметрів при різних просторових положеннях.

Перспективними напрямками розвитку створеного технологічного устаткування є вдосконалення конструкції лабораторного станду у напрямку забезпечення додаткових фіксованих значень кутів зварювання, а також можливості зміни кута безпосередньо при створенні новітніх технологій не тільки лазерного, а й гібридного лазерно-дугового та лазерно-плазмового зварювання.

Список літератури:

1. Reitemeyer D. Laser welding of large scale stainless steel aircraft structures. *Physics Procedia*. 2013. Vol. 41. P. 106–111. doi: 10.1016/j.procir.2018.08.151.
2. Kashani H.T., Kah P., Martikainen J. Laser overlap welding of zinc-coated steel on aluminum alloy. *Physics Procedia*. 2015. Vol. 78. P. 265–271. doi:10.1016/j.phpro.2015.11.037.
3. Viňáš J., Ábel M. Analysis of laser welds on automotive steel sheets *Material Science Forum*. 2015. Vol. 818. P. 239–242. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.818.239.
4. Sohail M., Han S. W., Na S.J., Gumenyuk A., Rethmeier M. Numerical investigation of energy input characteristics for high-power fiber laser welding at different positions. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2015. Vol. 80. P. 931–946. doi: 10.1007/s00170-015-7066-6.
5. Chang B., Yuan Z., Pu H., Li H., Cheng H., Du D., Shan J. A. Comparative Study on the Laser Welding of Ti6Al4V Alloy Sheets in Flat and Horizontal Positions. *Applied Sciences*. 2017. Vol. 7. P. 376. doi: 10.3390/app7040376.
6. Bernatskyi A.V., Berdnikova O.M., Klochkov I.M., Sydorets V.M., Chinakhov D.A. Laser welding in different spatial positions of T-joints of austenitic steel. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019, Vol. 582, P. 012048. doi: 10.1088/1757-899X/582/1/012048.

Bernatskyi A.V., Sheliagin V.D., Sydorets V.M., Siora O.V., Shuba I.V., Kurilo V.A., Suchek O.M. CREATION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR RESEARCH OF LASER WELDING PROCESS IN DIFFERENT SPATIAL POSITIONS

The problem of welding complex profile structures of steels and alloys is present in all branches of industries. Various methods of welding are successfully used to solve it. However, in a number of circumstances (large dimensions, complex profiles, large mass, etc.), there is a need for welding in spatial positions other than the flat one, which requires the study of advanced welding technologies and the creation of technological equipment to overcome these problems. The analysis of publications has shown that the scientific works, which considered the influence of the spatial position in laser welding on the structure, shape, mechanical characteristics and dimensions of welded joints, are more related to technological aspects of the process directly, rather than solving the problem of creating the necessary technological equipment.

The purpose of the work was to create laboratory equipment for experimental research of technological features of laser welding processes of steels and alloys in different spatial positions. Design documentation (sketch project) was developed, on the basis of which a laboratory setting was created. This is a single complex of interconnected electronic and electromechanical components and assemblies as well of technological laser. This setting and auxiliary technological equipment, which have been successfully tested, provide the ability to obtain butt, T-, angular and overlap welding joints in a wide range of technological parameters.

Promising ways of development of the created technological equipment are the improvement of the design of the laboratory setting in the direction of providing additional discrete values of welding angles, as well as the possibility of continuous change of the angle directly in the welding process. This can be used at creating the newest technologies not only laser, but also hybrid laser-arc and laser-plasma welding.

Key words: laser welding, welding positions, technological equipment, laboratory setting.

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 629.7.018

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/02>

Булавка С.С.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

ЗАСТОСУВАННЯ ДИFUЗОРА ПОВІТРЯ ДЛЯ ТЕРМОСТАТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ РАКЕТИ-НОСІЯ

Термостатування – це контрольована подача або відбір енергії нагріву або охолодження з метою підтримки постійної температури середовища. Для цих процесів застосовуються автоматичні системи термостатування робочих середовищ, які знайшли своє широке застосування в аерокосмічній галузі промисловості. На цей час ведуться роботи зі створення перспективних комплексів для ракетно-носіїв легкого і середнього класу із застосуванням дифузора повітря. Актуальною залишається проблема створення системи термостатування, що забезпечує надійну, безвідмовну роботу з мінімальними економічними та енергетичними затратами. При цьому повинна забезпечуватися екологічна безпека і безпека роботи персоналу під час експлуатації. Система транспортного термостатування призначена для підтримки температурно-вологісного режиму в підобтікаючому просторі під час транспортування РН з МІКа на стартову позицію до моменту включення в роботу системи термостатування низького тиску, а також під час транспортування РН зі стартової позиції в МІК у разі скасування пуску.

У цій роботі автором розглянуто декілька прикладів різноманітних систем термостатування об'єктів ракети-носія. Розглянуто, що відноситься до ракетно-космічної техніки, а саме до засобів забезпечення термостатування об'єктів ракети-носія (РН), корисного вантажу (КВ), приладів системи управління (СУ) та інших об'єктів та призначене для термостатування цих об'єктів в період передстартової підготовки блоків ракети-носія. Проаналізовано основні елементи дифузору повітря для термостатування об'єктів ракети-носія та його застосування.

Результатами даної роботи є застосування дифузора спрощеної конструкції і розширеними експлуатаційними можливостями для термостатування об'єктів, що розміщуються в блоках ракети-носія, в період їх передстартової підготовки.

Ключові слова: дифузор, застосування, термостатування, ракета-носій.

Постановка проблеми. Термостатування – це контрольована подача або відбір енергії нагріву або охолодження з метою підтримки постійної температури середовища. Для цих процесів застосовуються автоматичні системи термостатування робочих середовищ, які знайшли своє широке застосування в аерокосмічній галузі промисловості.

На цей час ведуться роботи по створенню перспективних комплексів для ракетно-носіїв легкого і середнього класу із застосуванням дифузора повітря.

Актуальною залишається проблема створення системи термостатування, що забезпечує надійну, безвідмовну роботу з мінімальними економічними та енергетичними затратами. При цьому повинна забезпечуватися екологічна безпека і безпека роботи персоналу під час експлуатації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Розглянемо у цій статті декілька прикладів різноманітних систем термостатування об'єктів ракети-носія [1–4].

Для термостатування підобтікаючого простору використовуються три системи термостатування, що працюють за принципом активного вентилявання.

Система транспортного термостатування призначена для підтримки температурно-вологісного режиму в підобтікаючому просторі під час транспортування РН з МІКа на стартову позицію до моменту включення в роботу системи термостатування низького тиску, а також під час транспортування РН зі стартової позиції в МІК у разі скасування пуску.

Система термостатування низького тиску призначена для подачі термостатуючого повітря під

ДАТ в період від відключення системи транспортного термостатування до початку відведення транспортно-інсталяційного агрегату [5–6].

Система термостатування простору, підобтікаючого повітрям високого тиску, призначена для подачі термостатуючого повітря під обтічник в період від відключення системи термостатування низького тиску до старту РН, а також у разі скасування пуску до моменту включення в роботу системи термостатування низького тиску.

З метою запобігання виходу температури корисного вантажу за допустимі межі за відмови системи термостатування низького тиску передбачено використання системи термостатування високого тиску як резервної. Для продувки підобтікаючого простору використовуються повітря і технологічний газ, що відповідають класу чистоти М5.5 (10000) по FED-STD-209E. Системи термостатування забезпечують в порожнині ДАТ температуру повітря в діапазоні 13 ... 25°C, а швидкість газу на поверхні корисного вантажу (ПГ) не більше 2 м/с.

ТОВ «МІКЕМ» має практичний досвід розробки робочого проекту та виготовлення «Мобільного кондиціонера транспортної системи термостатування», далі за текстом «МК».

МК призначений для подачі термостатуючого повітря із заданими пара-метрами в головний обтічник ракети-носія «Зеніт-2SLБ» і «Зеніт-3SLБ» у Міці РН, а також під час їх транспортування на об'єкті підготовки та запуску РН.

Розглянемо також систему термостатування головного блока ракети. Система термостатування головного блока ракети містить забірний пристрій повітря навколишнього середовища, поєднаний з фільтром попереднього очищення повітря, встановленим перед входом в компресор, який подає повітря в перший і другий охолоджувачі повітря, за якими встановлені електронагрівач повітря, фільтр тонкого очищення повітря, блок контролю чистоти повітря, а також магістральний трубопровід подачі повітря до головного блока. Вона оснащена термоелектричною батареєю, встановленою на вході забірного пристрою повітря, оснащеною джерелом живлення і блоком автоматизованого управління і контролю [6].

Розглянемо спосіб повітряного термостатування ракети-носія на рідкому водні, що ґрунтується на стисканні, сушінні до необхідної температури точки роси, нагріванні або охолодженні до необхідної температури атмосферного повітря і подаванні у ракету-носію до початку заправлення її рідким воднем, а з моменту початку заправ-

лення ракети-носія рідким воднем і до моменту пуску – подавання у ракету-носію підігрітого до необхідної температури газоподібного азоту. Газоподібний азот отримують шляхом розділення атмосферного повітря, стиснутого до тиску 1,2-1,6 МПа, на газоподібний азот, тиск котрого у процесі розділення атмосферного повітря знижують до необхідної величини на вході у ракету-носію, і газоподібний кисень, котрий скидають у навколишнє середовище [7].

Постановка завдання. Основною метою та завданням дослідження є застосування дифузора спрощеної конструкції і розширеними експлуатаційними можливостями для термостатування об'єктів, що розміщуються в блоках ракети-носія, в період їх передстартової підготовки.

Об'єкт дослідження цієї статті належить до ракетно-космічної техніки, а саме до засобів забезпечення термостатування об'єктів ракети-носія (РН), наприклад, корисного вантажу (КВ), приладів системи управління (СУ) та інших об'єктів, що розміщуються в головному блоці (ГБ), блоці корисного вантажу (БПГ) космічної головної частини (КГЧ) і ракетному блоці (РБ) РН, і призначене для термостатування цих об'єктів у період передстартової підготовки блоків РН.

Завдання дослідження вирішується таким чином: дифузор для термостатування об'єктів ракети-носія містить корпус з вхідним і вихідними отворами, відповідно до винаходу; корпус дифузора виконаний у вигляді замкнутої ємності симетричної форми з трьома вихідними отворами, що знаходяться в площинах, перпендикулярних площині розташування вхідного отвору, при цьому два вихідних отвори розташовані у взаємно перпендикулярних площинах, причому в дифузори співвісно та з зазорами між собою встановлені направляючі тарелі, що утворюють розширювані канали перетікання термостатуючого середовища, повідомляючи вхідний і вихідні його отвори.

Виклад основного матеріалу дослідження. Термостатування – це контрольована подача або відбір енергії нагріву або охолодження з метою підтримки постійної температури середовища. Для цих процесів застосовуються автоматичні системи термостатування робочих середовищ, які знайшли своє широке застосування в аерокосмічній галузі промисловості.

Головний аеродинамічний обтічник (ДАТ) ракети-носія (РН) призначений для захисту космічного апарату (КА) від зовнішніх впливів, включаючи вплив теплових і аеродинамічних

навантажень під час транспортування повністю зібраної РН, на старті і на атмосферній ділянці польоту РН [8].

Відомі і широко застосовуються, наприклад, в авіації дозвукові дифузори, призначені для формування потоку газу на виході з дифузорів в осьовому напрямку. Використовуються в складі повітрязбірників повітряно-реактивних двигунів, аеродинамічних трубах і інших пристроях [9].

Дифузори містять корпус з вхідним і вихідним отворами, з'єднаними розширюваним каналом, що забезпечує витікання газового середовища з розрахунковими (дозвуковими) швидкостями в вихідному отворі дифузора. При цьому профільований канал дифузора забезпечує гальмування газового середовища, і в ньому відбувається перетворення кінетичної енергії потоку на тиск.

На рис.1 в ізометрії наведено загальний вигляд дифузора, виконаний у варіанті 1, і показані основні його елементи та його проекції.

На рисунку 2 ілюструється векторне поле швидкостей в каналах дифузорів.

На рисунку 3 показується фрагмент РБ із застосуванням дифузора для термостатування приладів СУ.

На цих рисунках елементи дифузора позначено такими номерами:

1 – корпус; 2 – вхідний отвір; 3, 4, 5 – вихідні отвори; 6 – тарелі; 7 – корисний вантаж (ПГ); 8 – обтічник головного блоку (ГБ); 9 – прилади системи управління (СУ); 10 – обтічник ракетного блоку (РБ).

Дифузор, виконаний у варіанті 1 (рис. 1), для термостатування об'єктів РН містить корпус 1 еліпсоїдної форми. У ньому виконано вхідний отвір 2 і три вихідних отвори: перший вихідний отвір 3, другий вихідний отвір 4 і третій вихідний отвір 5.

Всі вихідні отвори знаходяться в площинах, перпендикулярних площині розташування вхідного отвору 2, причому вихідні отвори 3 і 4 розташовані в паралельних площинах, а вихідний отвір 5 – у площині, перпендикулярній їм.

У дифузорі співвісно із зазорами між собою встановлені направляючі тарелі 6, що утворюють розширення каналів перетікання ТС, повідомляють вхідний отвір 2 з його вихідними отворами 3, 4 і 5. Тарелі 6 встановлені так, що забезпечується гальмування ТС в каналах дифузора і витікання її з вихідних отворів з розрахунковими дозвуковими швидкостями.

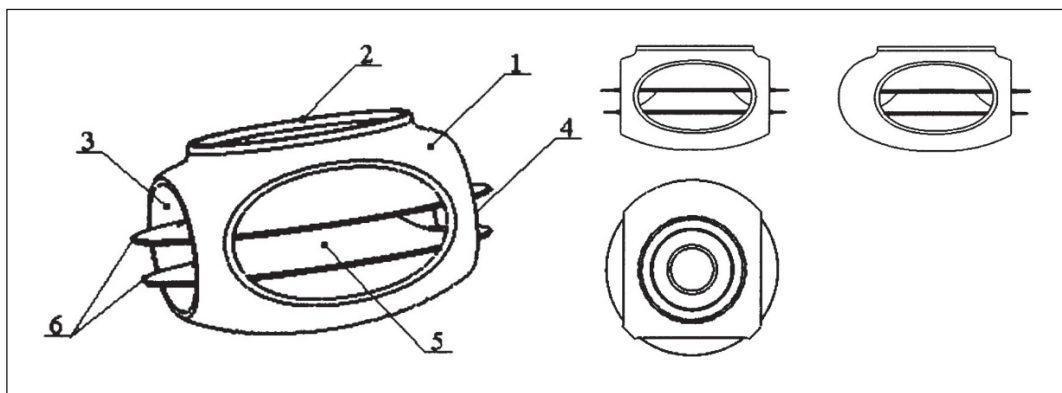


Рис. 1. Загальний вигляд дифузора

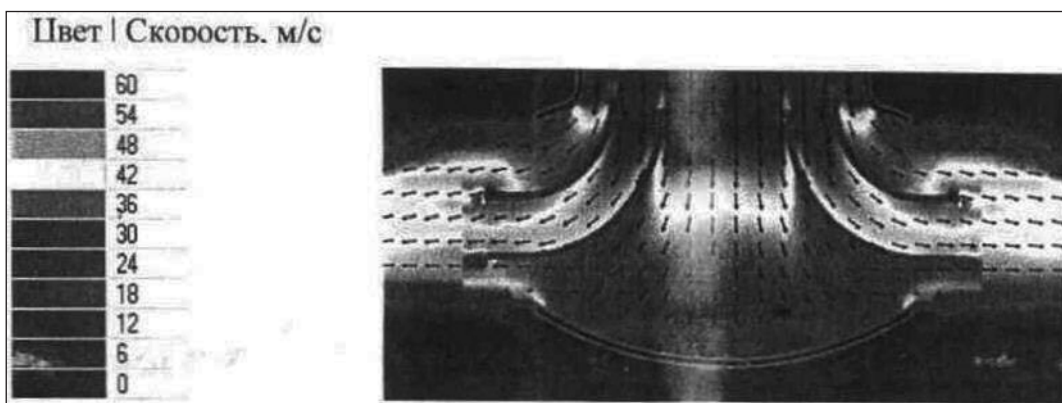


Рис. 2. Векторне поле швидкостей в каналах дифузорів

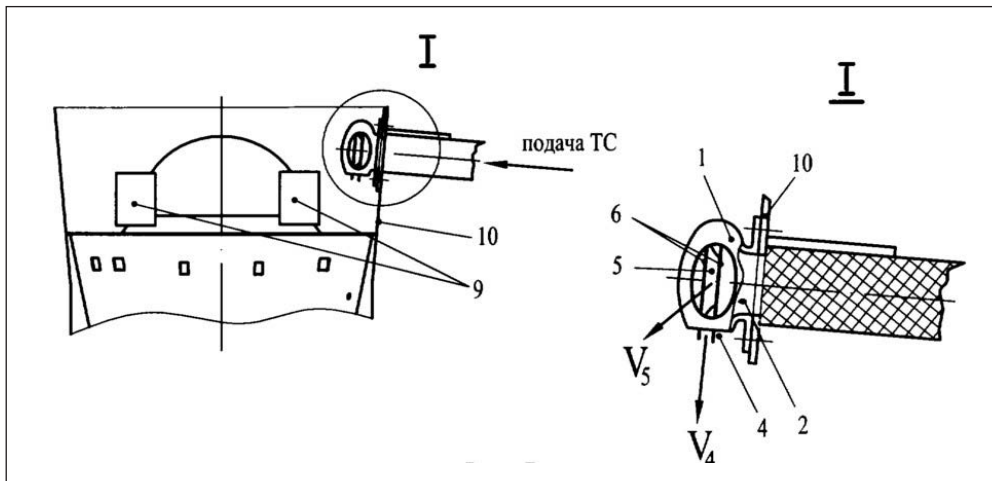


Рис. 3. Фрагмент РБ із застосуванням дифузора для термостатування приладів СУ

Дифузор призначений для формування потоку газу на виході з дифузора саме в осьовому напрямку, дифузор має обмежені експлуатаційні можливості, наприклад, для термостатування об'єктів, що розміщуються в блоках РН, що мають складну геометричну форму.

Відомі застосовувані в ракетній техніці пристрої вдуву (ПВ) [10] термостатуючого середовища (ТС) для термостатування ПГ, розміщеного в блоці БПГ, виконані у вигляді розпилювача, а також ПВ [10] ТС для термостатування приладового відсіку, розміщеного в розгінному блоці (РБ) РН, виконане у вигляді колектора з отворами закінчення ТС у його підставці. ПВ [10] з'єднані магістралями подачі ТС, розміщеними відповідно в БПГ і РБ.

ПВ [10] забезпечують розрахункові дозвукові швидкості витікання ТС у вихідних отворах пристроїв, необхідні для забезпечення термостатування цих об'єктів.

До недоліків цих технічних рішень слід віднести істотну вагу пристроїв та габарити і магістралі подачі ТС до них. Крім того, оскільки витікання ТС здійснюють в осьовому напрямку, знижується надійність термостатування об'єктів через можливість виникнення локальних теплонапружених зон відриву ТС у поверхні об'єктів. Це призводить до необхідності контролю температур у цих зонах в процесі термостатування об'єктів і зайвого навантаження на повітряну систему забезпечення термостатування (ПСЗТВ) об'єктів [11], яка забезпечує штатні газодинамічні параметри (витрати і температуру) ТС на вході в магістралі подачі ТС.

Відомі також ПВ [12] і ПВ [13] для термостатування ПО РБ. ПВ виконані у вигляді дозвукових дифузоров, що містять корпус з вхідним і принай-

мні одним вихідним отворами, в якому вхідний отвір, відповідно, розширюється каналом з вихідним отвором.

За технічним рішенням [12], дифузор містить вхідний і вихідний отвори, забезпечений криволінійним розширювальним каналом, що забезпечує його установку в РБ таким чином, що дотична до вісі дифузора в його вихідному перерізі спрямована під кутом до площини поперечного перерізу РБ і зі зміщенням щодо його вісі.

За технічним рішенням [13], дифузор містить вхідний і принаймні два вихідних отвори, забезпечені окремими криволінійними каналами з вхідним отвором, що забезпечують його установку в РБ з обтіканням ПО в тангенціальному до його бічної поверхні напрямку.

Технічні рішення [12] забезпечують розрахункові дозвукові швидкості витікання ТС з дифузоров, необхідні для термостатування ПО. Корпус дифузора може мати еліпсоїдну форму, кульову, циліндричну форму з глухою підставкою, з плоскими стінками, та іншу форму.

Кількість вихідних отворів і їх розміри вибирають залежно від складності геометричної форми об'єкта термостатування і компактності розміщення дифузора в блоці РН.

Недоліками розглянутих технічних рішень є:

- обмежені експлуатаційні можливості дифузора, оскільки він формує потік ТС в заданому напрямку по відношенню до об'єкта термостатування і призначений для термостатування конкретних об'єктів із заданою геометричною формою (ПО тороїдальної форми, прилади СУ, розміщені симетрично щодо вісі блоку), що не виключає можливості виникнення локальних теплонапружених зон відриву ТС на об'єктах

термостатування, що мають складну геометричну форму;

– недостатня компактність, складність конструкції і обмежені можливості розміщення дифузorzів в РБ, що призводить до ускладнення технології виготовлення і монтажу його в РБ з орієнтацією патрубків в заданому напрямку.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Таким чином, застосування дифузора у вигляді замкнутої ємності симетричної форми з бічними вихідними отворами мінімізує розміри дифузора і спрощує його установку в умовах обмеженого вільного об'єму блоку РН, що покращує його конструктивно-компонувальні характеристики. Дифузори містять корпус з вхідним і вихідним отворами, з'єднані розширювальним каналом, що забезпечує витікання газового середовища з розрахунковими (дозвуковими) швидкостями в вихідному отворі дифузора. При цьому профільований канал дифузора забезпечує гальмування газового середовища, і в ньому відбувається перетворення кінетичної енергії потоку на тиск.

Результатами дослідження є застосування дифузора спрощеної конструкції і розширеними експлуатаційними можливостями для термостатування об'єктів, що розміщуються в блоках РН, у період їх передстартової підготовки.

Завдання дослідження вирішується таким чином, що дифузори для термостатування об'єктів ракети-носія, що містить корпус з вхідним і вихідними отворами, відповідно до винаходу, корпус

дифузора виконаний у вигляді замкнутої ємності симетричної форми з трьома вихідними отворами, що знаходяться в площинах, перпендикулярних площині розташування вхідного отвору, при цьому два вихідних отвори розташовані у взаємно перпендикулярних площинах, причому в дифузorzі співвісно із зазорами між собою встановлені направляючі тарелі, що утворюють розширювальні канали перетікання термостатуючого середовища, повідомляючи вхідний і вихідні його отвори.

Технічними результатами дослідження застосування дифузorzів є:

– простота конструкції і компактність дифузора, що істотно спрощує його виготовлення і монтаж в обмеженому вільному обсязі блоку РН;

– забезпечення закінчення ТС з окремих отворів дифузора у взаємно перпендикулярних площинах з розрахунковими швидкостями, що призводить до створення інтерференційного потоку ТС в блоці РН і перетікання ТС в окружному щодо осі блоку напрямку;

– можливість забезпечення різної кількості вихідних отворів, а також зміна напрямку потоку ТС в блоці РН за рахунок можливості повороту дифузора щодо його осі стосовно термостатування об'єктів різної геометричної форми.

Суть дослідження пояснюється схемами дифузorzів, що мають еліпсоїдну форму, і прикладами їх використання для термостатування об'єктів РН різного призначення.

Список літератури:

1. Николаев Ю.М., Соломонов Ю.С. Инженерное проектирование управляемых баллистических ракет с РДТТ. Москва : Военное изд-во министерства обороны СССР, 1979. 240 с.
2. Шишков А.А., Силин Б.М. Высотные испытания реактивных двигателей. Москва : Машиностроение, 1985. 208 с.
3. Установка для получения тепла: пат. 2087796 СССР. Утв. 20. 08. 1997.
4. Гонтарев Ю.К., Елисеев В.И., Кабакова Л.Б. Кипение в щелевых каналах двухфазных термосифонов. Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки. Дніпропетровськ : Навчальна книга, 2002. Т. 6. С. 51–71.
5. Технологии термостатирования аэрокосмических аппаратов. URL: <http://mikem.com.ua/termostatirovaniya.html> (дата обращения: 17.03.2017).
6. Система термостатування головного блока ракети : пат. 105764 Україна. № 201507748; заявл. 03.08.2015; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7. 5 с.
7. Спосіб повітряного термостатування ракети-носія на рідкому водні: пат. 92184 Україна. № u 2013 14810; заявл. 17.12.2013; опубл. 25.06.2014, Бюл. № 12. 6 с.
8. Диффузор для термостатирования объектов ракеты-носителя (варианты) : пат. 2353557 Российская Федерация. № 2007111610/11; заявл. 10.10.2008; опубл. 27.04.2009 Бюл. № 12. 11 с.
9. Пуков В. Н. Энциклопедия авиации. Москва : Эксмо, 2013. 294 с.
10. Руководство пользователя. SEA LAVNCH, March 26, 1966, Д688-10009-1, стр.5-2, 5-3.
11. Космодром / под. ред. проф. А.П. Вольского, Москва : МО СССР, 1977 г. 268 с.
12. Способ термостатирования объектов ракетного блока и бортовая система для его реализации: пат. 2 280 596. Российская Федерация. №2004123324/11; заявл. 20.01.2004. опубл. 27.07. 2006 Бюл. № 21. 10 с.

**Bulavka S.S. APPLICATION OF AIR DIFFUSER
FOR THERMOSTATING OF A LAUNCH VEHICLE**

Temperature control – a controlled energy supply selection or heating or cooling to maintain constant temperature environment. In this paper, the author discussed several examples of various incubation facilities launcher. For these processes, automatic thermostating systems of working environments are used, which have found wide application in the aerospace industry. The work is currently underway to create promising complexes for light and mid-range launch vehicles using an air diffuser. The urgent problem remains the creation of a thermostating system that ensures reliable, trouble-free operation with minimal economic and energy costs. Moreover, environmental safety and safety of personnel during operation must be ensured. The transport thermostating system is designed to maintain the temperature and humidity regime in an ambient space when transporting the launch vehicle from the assemble-and-test building to the horizontal launch site until the low-pressure thermostating system is put into operation, as well as when transporting the launch vehicle from the horizontal launch site to the assemble-and-test building in the event of launch cancellation. We consider research in this article, referring to the rocket and space technology, namely the means of providing incubation facilities launcher (RN), payload (HF) equipment management system (CS) and other facilities and is intended for incubation of these facilities during the prelaunch rocket units. The basic elements of the air diffuser incubation facilities rocket and its application. The results of this work is the use of the diffuser simplified design and enhanced operational capabilities for incubation facilities that are located in blocks of launch vehicles, during their prelaunch.

Key words: cone, use, temperature control, launch vehicles.

ПРИЛАДИ

УДК 620.179.14

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/03>

Петрик В.Ф.

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

Протасов А.Г.

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

Сєрий К.М.

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

Повишенко О.А.

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

ВИКОРИСТАННЯ СЕРІЙНИХ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПОРТАТИВНИХ ДЕФЕКТОСКОПІВ

Бездротові технології передачі даних зараз використовують в усіх технічних галузях – починаючи від стільникових телефонів і закінчуючи автомобілями на автопілоті. Також технології бездротових мереж активно використовуються у неруйнівному контролі.

Найчастіше у неруйнівному контролі передача даних за допомогою бездротових мереж використовується на невеликій відстані (за допомогою bluetooth), проте є і винятки (GSM/HSPA). По справжньому універсальним і необхідним у деяких випадках є поєднання цих технологій у одному пристрої. Цю проблему можливо вирішити під час використання окремого сенсора з bluetooth-модулем і смартфона. Сенсор реалізує збір первинної інформації про об'єкт контролю та передачу даних на невеликій відстані як окремими пакетами даних, зібраними за визначений проміжок часу, так і в режимі Real-time. Смартфон отримує пакет даних із сенсора та дає змогу обробити результати контролю «на місці», або, використовуючи GSM-технологію, передати оброблені дані для формування звіту або для складання карти контролю.

Стаття присвячена проблемі застосування бездротової передачі даних у сучасних дефектоскопах, використовуваних для неруйнівного контролю різних об'єктів. Бездротове з'єднання між вимірювальними датчиками й процесором підвищує надійність тестування й скорочує час ухвалення рішення. Це підвищує стійкість обладнань у несприятливих умовах навколишнього середовища й дає змогу спростити виконання операцій у будь-якому положенні. Стаття містить у собі результати роботи з об'єднання завдань бездротової передачі даних від сенсора до блока обробки інформації у вигляді смартфона та з потреби передачі її за допомогою технології GSM на велику відстань до центру обробки інформації, який оснащений потужним комп'ютерним обладнанням. Висококваліфіковані спеціалісти, використовуючи найсучасніше програмне забезпечення, обробляють у центрі одержані дані. Розглянуто структурну схему пристрою, схему електричну принципову імпульсного збуджувача акустичних коливань з електричним демпфуванням. Наведені експериментальні результати виконаної роботи у вигляді порівняльного аналізу отриманих діагностичних даних розробленого приладу і його найближчого аналогу за технічними параметрами та ціною (прилад Einstein-II).

Ключові слова: неруйнівний контроль, бездротові технології, смартфон, дефектоскоп.

Постановка проблеми. Одним із найважливіших завдань сучасного інженера є створення приладів і систем, що мають високий рівень автоматизації і спроможні конкурувати з уже наявними на момент проєктування виробами. Оскільки в сучасних реаліях для вирішення поставленого перед інженером завдання вже є безліч різноманітних рішень, то його основне завдання полягає в аналізі наявних і виборі оптимального рішення з можливим його подальшим вдосконаленням. Параметрами, які впливають на конкурентоспроможність готового виробу, є його собівартість, адаптивність, габаритні розміри та простота використання.

У роботі вирішується завдання створення портативного приладу, що використовує ультразвуковий метод пошуку дефектів і має зручну та більш ефективну, порівняно з розробленими раніше, систему передачі та обробки інформації.

Під час організації зв'язку між блоками перетворювача та обробки інформації зазвичай використовують кабель, але у випадках, коли між ними немає прямого доступу, виникає потреба в бездротовій передачі даних. Такий спосіб передачі не тільки звільняє нас від фізичного зв'язку двох або більше частин приладу, а й дає можливість для автоматизації системи загалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перспективи застосування бездротового зв'язку для технічної діагностики з відомими методами НК розглянуто у [1=2]. У промисловості такий зв'язок знаходить безліч застосувань, наприклад поточний контроль виробів у процесі їх виготовлення [3], система виявлення та визначення місця знаходження пошкодження ізоляції силового трансформатора [4]. У медицині бездротовий зв'язок використовується в структурних системах діагностики захворювань [5].

Із застосуванням бездротової технології в задачах НК для передачі даних на малі відстані можна ознайомитися з результатами досліджень створеної моделі дефектоскопа, що використовує технологію передачі Bluetooth [6] та Wi-Fi [7]. У роботах [8–9] розглянуто застосування GSM-технології, що значного збільшує відстані передачі отриманих даних.

Постановка завдання. Сьогодні значного поширення набули мобільні пристрої (смартфони, планшети та ін.), що мають потужні обчислювальні можливості та сенсорні дисплеї. У роботі було поставлено завдання розроблення дефектоскопа з використанням мобільного пристрою для обробки результатів контролю.

Виклад основного матеріалу. Пропонується структурна схема ультразвукового дефектоскопа з бездротовою передачею даних (рис. 1). Блок перетворювача умовно можна поділити на дві складові частини: аналогову (1) та цифрову (2). Аналогова частина включає в себе генератор ударного збудження, що зображений як п'єзоелектричний перетворювач (ПЕП), на який через ключ (К) подається опорна напруга (ОН). Частота ударного збудження задається коротким імпульсом, що подається з блоку керування (БК). Генерований імпульс поширюється в об'єкті контролю (ОК), а після досягнення донної поверхні або дефекту він відбивається і знову потрапляє до ПЕП. Отриманий луно-імпульс має малу амплітуду, тому перед оцифровуванням його необхідно підсилити (П). Основним завданням цифрової частини (2) є перетворення аналогового сигналу в цифровий (АЦП) та через блок передачі інформації (БПІ) передача його до блока обробки інформації (БОІ).

На основі цієї структурної схеми було створено модель мобільного ультразвукового дефектоскопа, за своєю специфікою вона здатна використовувати ультразвукові датчики з різною частотою резонансу (1/1.25/2.5/5 МГц) завдяки використанню АЦП з високою частотою дискретизації. Також завдяки гнучкості роботи з мікроконтролерами є можливість встановлення програмного забезпечення з більш досконалим та оптимізованим кодом.

В основі приладу використовується мікроконтролер фірми STM, а саме – мікросхема серії STM32F4 з 32-х бітним ядром ARM Cortex-M4. Така архітектура робить можливим використання одразу декількох допоміжних модулів.

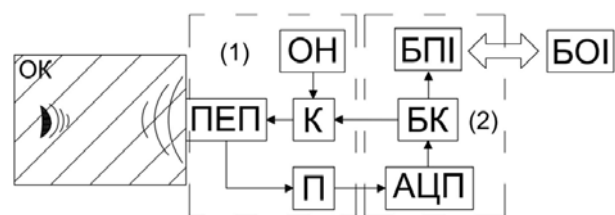


Рис. 1. Структурна схема ультразвукового дефектоскопа: ОК – об'єкт контролю, ОН – опорна напруга, К – ключ, ПЕП – п'єзо електричний перетворювач, П – підсилювач, АЦП – аналого-цифровий перетворювач, БК – блок керування, БПІ – блок передачі інформації, БОІ – блок обробки інформації

Як схему імпульсного збуджувача акустичних коливань було обрано такі компоненти (див. рис. 2): дві комплементарні пари MOSFET транзисторів TC8220K6-G, схема драйвера M1822 фірми

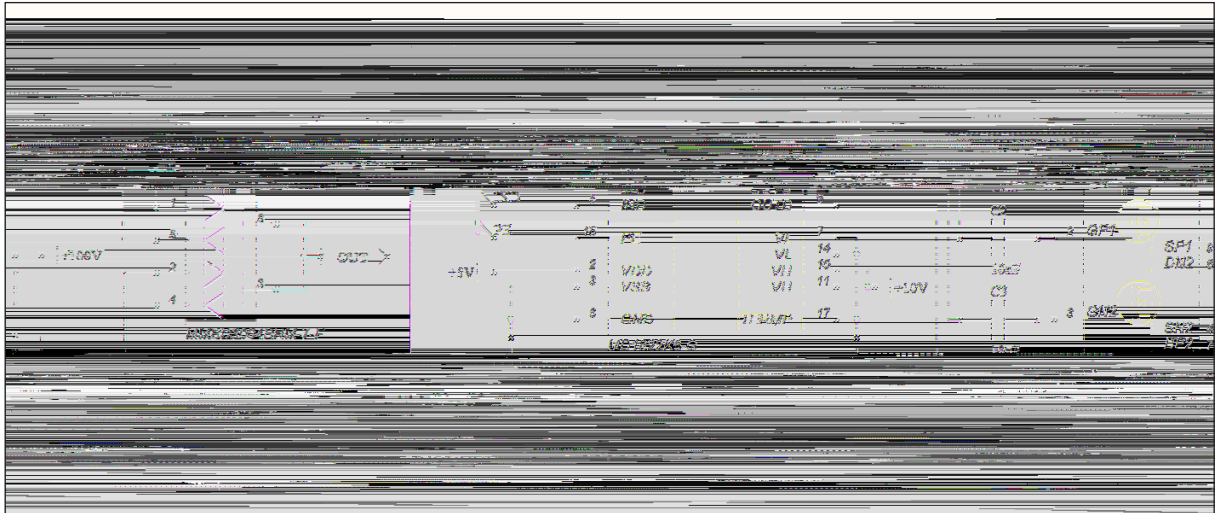


Рис. 2. Схема імпульсного збуджувача акустичних коливань з електричним демпфуванням

Microchip Technology та дві пари по два захисних діоди MMBD3004BRM-7-F. Така схема може працювати з широким діапазоном вихідних напруг ($\pm 100V$), схема драйвера M1822 дає можливість керувати транзисторними ключами, використовуючи широкий спектр стандартних напруг для контролерів 1.8V – 5V, а діоди слугують для захисту транзисторних пар від високих рівнів напруг, що діють на ПЕП.

Завдяки наявності в схемі двох пар комплементарних транзисторів маємо можливість підключити два незалежних датчики або підключити один датчик та зробити для нього канал електричного демпфування (як зображено на рис. 2).

Під час дослідження ринку було прийнято рішення використовувати АЦП ADC08060CIMT/NOPB фірми Analog Devices. Це 8-ми розрядне АЦП має частоту дискретизації 20–60 MSPS (Million Signals Per Second), що дає змогу працювати з будь-якими датчиками, частота яких не перевищує 30 МГц.

У блоці передачі інформації використовується бездротова технологія передачі Bluetooth. Для її реалізації було використано модуль BK8000L, що виготовлений за специфікацією Bluetooth 3.0. До переваг такого модуля можна віднести дві вбудовані радіосистеми: перша забезпечує передачу даних зі швидкістю 3 Мбіт/с (стандартна для Bluetooth 2.0); друга сумісна зі стандартом 802.11 і забезпечує можливість передачі даних зі швидкістю до 24 Мбіт/с, а його енергоспоживання в рази нижче за своїх конкурентів і становить 32mA.

Як додатковий фізичний порт передачі інформації використовується USB OTG (Universal Serial Bus On-The-Go) full-speed, який передбачений можливостями мікроконтролера. Цей протокол передачі сумісний зі стандартами USB 2.0, а також OTG 1.0, працює

на швидкості до 12 Мбіт/с. Цей канал зв'язку є більш допоміжним, ніж основним, оскільки виконує роль порту для запису програмного забезпечення та заряду Li-pol акумулятора.

Аналіз отриманого сигналу може бути виконаний на різноманітних пристроях, від характеристик яких залежить швидкість обробки даних. Нині розроблено мобільний додаток, що дає змогу візуалізувати отриманий сигнал у вигляді А-розгортки (A-scan), тобто двомірне відображення зміни амплітуди на вході дефектоскопа вплині часу. Для побудови зображення В, С та інших розгорток необхідно використовувати дефектоскоп спільно з датчиками шляху та інше.

Обробка даних на персональному комп'ютері або смартфоні дає змогу використовувати різноманітні методи і алгоритми залежно від поставленого завдання, а також сучасні методи інтерпретації та візуалізації отриманих результатів.

Результатом експериментальних досліджень є порівняльний аналіз отриманих діагностичних даних із запропонованого портативного дефектоскопа (рис. 3) і його найближчого аналога за технічними параметрами та ціною приладу Einstein-II.

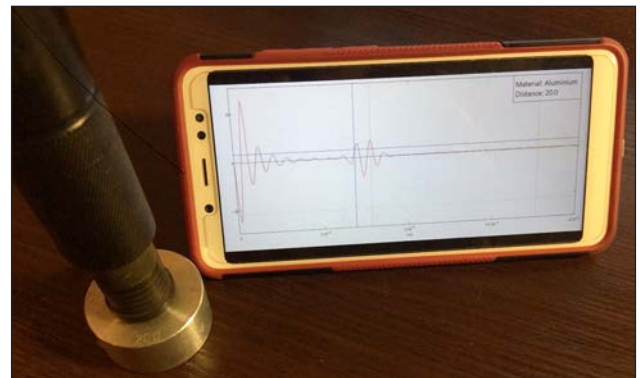


Рис. 3. Загальний вигляд приладу

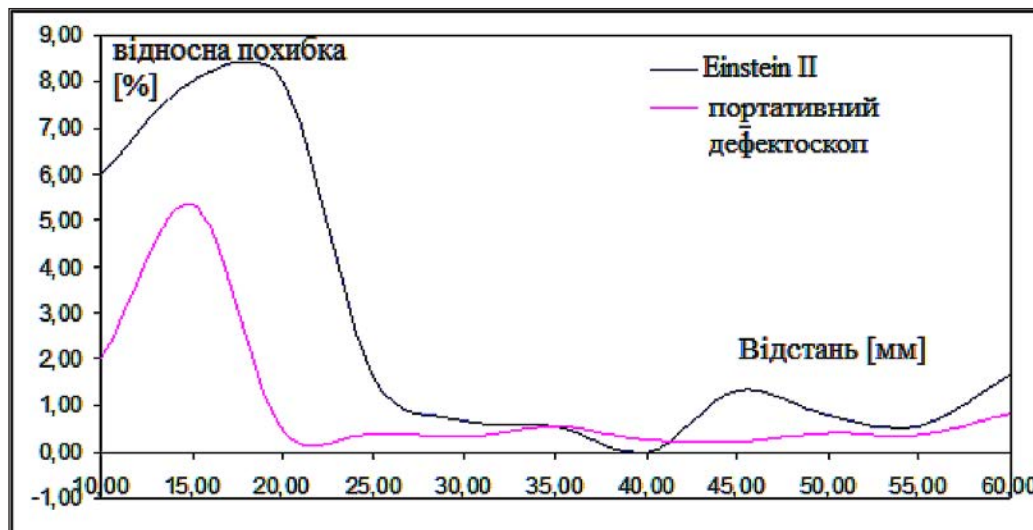


Рис.4. Графік розподілу відносних похибок

Таблиця 1

Порівняльний аналіз отриманих діагностичних даних розробленого приладу і його найближчого аналога

Відстань мм	Einstein II		МД-1	
	Результати вимірів мм	Відносна похибка %	Результати вимірів мм	Відносна похибка %
10,00	9,40	6	9,80	2,00
15,00	13,80	8	14,20	5,33
20,00	18,40	8	20,10	0,50
25,00	24,60	1,6	24,90	0,40
30,00	30,20	0,67	30,10	0,33
35,00	34,80	0,57	34,80	0,57
40,00	40,00	0	40,10	0,25
45,00	45,60	1,33	45,10	0,22
50,00	50,40	0,8	50,20	0,40
55,00	55,30	0,55	55,20	0,36
60,00	61,00	1,67	60,50	0,83

Висновки. Запропонований у статті портативний ультразвуковий дефектоскоп має одразу декілька переваг порівняно з приладами та сис-

темами, що є сьогодні. Порівняльний аналіз розробленого приладу з аналогом (Einstein II) виявив його більшу чутливість у ближній зоні контролю. Наприклад, у приладі в діапазоні відстаней 10–35 мм значення відносної похибки втричі менше від зазначеного аналога, а в діапазоні відстаней 35–60 мм значення відносної похибки менше в 1,5–2 рази. Зменшення відносної похибки досягнуто за допомогою нових сучасних методів обробки цифрових даних, що доступні під час використання ПК та смартфонів.

Аналіз похибок показує, що розроблений дефектоскоп не поступається параметрам зарубіжного аналога та навіть перевершує його характеристики.

Застосування бездротових технологій передачі даних дає можливість використовувати прилад в автоматизованих системах для проведення контролю зварних швів листового матеріалу, склеювання, пайки та ін. на наявність різноманітних дефектів. Можливість використання радіохвильової системи передачі інформації дозволяє застосування більш досконалих систем обробки даних на значних відстанях від ОК.

Список літератури:

1. Janko Meier, Isaak Tsalicoglou, Ralph Mennicke. The future of NDT with wireless sensors, A.I. and IoT. *15th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing*. November 13–17, 2017, Singapore. P. 1–11.
2. Райтер П.М., Григоришин О.М.. Аналіз переваг та недоліків сучасних технологій передачі даних для розподілених систем технічної діагностики і моніторингу. *Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі* : мат-ли 2-ої наук.-техн. конф., Польща, м. Люблін, 24–27 жовтня 2017 р. Люблін, Польща, 2017. С. 77–81.
3. Ahmad El Kouche, Hossam S. Hassanein. Ultrasonic Non-Destructive Testing (NDT) Using Wireless Sensor Networks. *The 3rd International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT). Procedia Computer Science 10*. 2012. P. 136–143.

4. Xin He, Guangzhong Xie, Yadong Jiang. Online Partial Discharge Detection and Location System Using Wireless Sensor Network. *ICSGCE 2011: 27–30 September 2011, Chengdu, China. Energy Procedia* 12. 2011. P. 420–428.
5. Yan Yu, Ruicong Han, Xuefeng Zhao, Xingquan Mao, Weitong Hu, Dong Jiao, Mingchu Li, Jinping Ou. Research Article Initial Validation of Mobile-Structural Health Monitoring Method Using Smartphones. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. February 2015. P. 1–14.
6. Petryk V.F., Protasov A.G., Syeryy K.M., Lysenko I.I. Using wireless data transmission in eddy current nondestructive testing. *Приборостроение – 2017* : мат-лы 10-й Междунар. науч.-техн. конф., 1–3 ноября 2017 г., Минск : БНТУ, 2017. С. 74–76.
7. Петрик В.Ф., Дугин А.Л., Карпинский В.В., Кустовский А.Л., Лисенко Ю.Ю. Мобильный вихретоковый дефектоскоп с беспроводной системой передачи данных. *Журнал «Научни известия НТСМ»* : мат-лы Междунар. конф. «Дни на безразрушительния контрол 2016». Созополь, 2016. № 1 (187). С. 43–45.
8. Безлюдько Г.Я., Захаров В.А., Соломаха Р.Н. От выборочного периодического неразрушающего контроля состояния металла к мониторингу усталости и нагруженности, управлению ресурсом металлических конструкций и сооружений. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*. 2014. № 3. С. 64–65.
9. Petryk V.F., Protasov A.G., Syeryy K.M., Ukraineec S.S. Wireless data transmission in ultrasonic nondestructive testing. *Ж-л «Научни известия на НТСМ»* : мат-лы Междунар. конф. «Дни на безразрушительния контрол 2017». Созополь, 2017. № 1 (216). С. 121–123.

Petryk V.F., Protasov A.G., Syeryy K.M., Povshenko O.A. USE OF SERIAL MOBILE DEVICES WHEN DESIGNING PORTABLE DEFECTOSCOPES

Wireless data technologies are now used in all technical fields, from cell phones to autopilot cars. Wireless technologies are also being actively used in nondestructive testing.

Most often in non-destructive testing, data transmission over wireless networks is used over short distances (via bluetooth), but there are also exceptions (GSM / HSPA). What is truly versatile and necessary in some cases is the combination of these technologies in one device. This problem can be solved by using a separate bluetooth module sensor and a smartphone. The sensor collects primary information about the object of testing, and transmission of data over short distances, both as separate data packets collected over a certain period of time and in Real-time mode. The smartphone receives a data packet from the sensor and process the results of the on-site testing. It is also possible to use GSM technology to transmit the processed data to generate a report or to compile a testing map.

This article is devoted to the problem of using wireless data transmission in modern flaw detectors used for non-destructive testing of various objects. The wireless connection between the measuring sensors and the processor improves test reliability and reduces decision time. This increases the durability of the equipment in adverse environmental conditions and makes it easier to carry out operations in any position. The article presents the results of work on integrating wireless data transmission from the sensor to the unit of information processing in the form of a smartphone and the need to transmit it via GSM technology over a long distance to the data center, which is provided with powerful computer equipment. Highly qualified specialists, using the most up-to-date software, process the data in the center. The structural scheme of the device, the scheme of the electrical principle pulse exciter of acoustic vibrations with electric damping is considered. The experimental results of the performed work are presented in the form of a comparative analysis of the received diagnostic data of the developed device and its closest analogue by technical parameters and price (Einstein-II device).

Key words: *non-destructive testing, wireless technology, smartphone, flaw detector.*

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.2

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/04>**Соцков В.О.**

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Загриценко А.М.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Деревягіна Н.І.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

ОБГРУНТУВАННЯ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СЕЛЕКТИВНОЇ ВІДРОБКИ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ДЛЯ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ¹

У статті оцінюється потенціал розроблюваних родовищ України для забезпечення енергетичної системи країни стабільними поставками вугілля в тривалій перспективі. Родовища України характеризуються складними гірничо-геологічними умовами та покладами малої потужності, що істотно ускладнює видобуток. Більше 80% запасів вугілля Західного Донбасу зосереджено у пластах потужністю менше 1 м, при цьому продуктивні запаси з відносно сприятливими умовами вже відпрацьовані. У зв'язку із цим необхідно розробляти і застосовувати нові енергоефективні та ресурсозберігаючі технології видобутку вугілля. У роботі обґрунтовано критерії придатності малопотужних вугільних пластів Західного Донбасу до відпрацювання селективною технологією. Розглянуто геолого-гідрогеологічні умови експлуатації шахт Західного Донбасу в межах двох гідрогеологічних зон. Виділено перспективні вугільні запаси, доцільні до відпрацювання селективною технологією. Встановлено, що в даних умовах технологія селективної виїмки вугілля не тільки дозволить знизити зольність вугілля, що видобувається, але і продовжить термін служби підприємств. За результатами комплексної оцінки гірничо-геологічних умов Західного Донбасу встановлено, що 50,4% вугільних запасів залягає у пластах з геологічної потужністю 0,55-0,8 м, які доцільно відпрацьовувати із застосуванням селективної технології із зольністю 18-22%. Під час застосування селективної технології видобування вугілля, за рахунок закладання виробленого простору, значно зменшиться прояв гірського тиску, підвищиться безпека та ефективність відпрацювання запасів вугілля. Це зменшить техногенне навантаження на підземну і поверхневу гідросферу за рахунок зниження площі і величин осідання земної поверхні, відсутність відвалів порожніх порід, збереження на поверхні важливих господарських і природних об'єктів.

Ключові слова: потужність шарів, зольність, водопритоки, селективна технологія, закладка виробленого простору.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливе місце в енергозабезпеченні України займає Західний Донбас, на території якого залягає 25 млрд. т вугілля, що складає 21,3% від загальних ресурсів країни. Однак специфічні гірничо-геологічні умови надають певні складності під час ведення гірничих

робіт. Більше 80% запасів вугілля зосереджено у пластах потужністю менше 1 м, при цьому продуктивні запаси з відносно сприятливими умовами вже відпрацьовані. У середньому корисна потужність пластів, що розробляються, становить 0,82 м. Відпрацювання пластів ведеться із присічкою бічних порід, що призводить до зростання зольності видобутого вугілля до 50-60% і викликає додаткові виробничі витрати, будучи однією із причин погіршення екологічного стану регіону [1-3].

¹ Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурсним проектом Ф-82 (№ держреєстрації 0119U103542) «Ресурсозберігаюча параметризація безвідходної технології закладання виробленого простору вугільних шахт»

Для вирішення проблеми, що склалася, запропонована технологія селективної або роздільної виїмки вугілля і присічних порід [3–6]. Основною перевагою даної технології є відділення породи і вугілля безпосередньо в очисному забої і витяг його із зольністю близькою до материнської. Її застосування дозволяє відпрацювати пласти потужністю 0,55-0,8 м із залишенням породи у виробленому просторі лави. Також це дає можливість залучити до відпрацювання позабалансові запаси, підвищити якість продукції, що видобувається, збільшити інтенсивність відпрацювання запасів і знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище. Метою даного підрозділу є обґрунтування критеріїв придатності некондиційних малопотужних вугільних пластів Західного Донбасу до відпрацювання селективною технологією.

Виклад основного матеріалу. Для встановлення доцільності та придатності вугільних пластів до селективного відпрацювання проведено комплексну оцінку гірничо-геологічної та гірничо-технічної бази вугледобувних підприємств Західного Донбасу. Під час оцінки враховувалися основні кількісні і якісні характеристики родо-

вища, до яких відносяться: гідрогеологічні умови, геологічна потужність пласта, його витриманість на площі поширення шахтного поля; зольність вугілля з урахуванням розубожування внутрішньопластовими породами і технологічними присічками; кількість запасів на пласті; фізико-механічні властивості порід покрівлі і підосви пласта; гірничо-технічні умови відпрацювання родовища; інші особливості геологічної будови (аномалії), які зумовлюють потенційну небезпеку при веденні підземних гірничих робіт.

Крім того, критерії застосування селективної розробки об'єднують комплекс факторів (табл. 1), які повинні бути враховані під час обґрунтування вибору ділянки, пласта або шахтного поля.

У гідрогеологічному відношенні Західний Донбас знаходиться в межах двох гідрогеологічних областей. Північна і північно-східна частини відносяться до Донецького басейну пластово-блокових напірних вод, південна і південно-східна – до Українського басейну напірних тріщини-жильних вод [7]. Гідрогеологічна структура Західного Донбасу – це система водоносних горизонтів і комплексів, що охоплюють всю товщу осадових порід і верхню частину тріщинуватої зони кристалічних порід. Загальна потужність обводнених порід становить від 20 м до 1660 м і більше, збільшуючись у напрямку занурення порід до вісі Дніпровсько-Донецької западини.

У гідрогеологічному відношенні Західний Донбас знаходиться в межах двох гідрогеологічних областей. Північна і північно-східна частини відносяться до Донецького басейну пластово-блокових напірних вод, південна і південно-східна – до Українського басейну напірних тріщини-жильних вод [7]. Гідрогеологічна структура Західного Донбасу – це система водоносних горизонтів і комплексів, що охоплюють всю товщу осадових порід і верхню частину тріщинуватої зони кристалічних порід. Загальна потужність обводнених порід становить від 20 м до 1660 м і більше, збільшуючись у напрямку занурення порід до вісі Дніпровсько-Донецької западини.

За гідрогеологічними та інженерно-геологічними умовами розробки родовища територія Західного Донбасу розділена на 4 зони [5; 16]. До першої відноситься смуга шириною 5-7 км від станції Межова до м. Павлоград. Тут вугільні пласти практично повсюдно виходять під бучацькі водоносні піски потужністю 20-25 м, які мають властивості пливунів (вугільні пласти гідродинамічно «відкритого» типу). У формуванні водопритоків у шахту, окрім ємнісних запасів, велику роль відіграють

Таблиця 1

Критерії для обґрунтування застосування селективного відпрацювання

I	Технічні
	1) термін служби підприємства; 2) технологічні присічки бічних порід; 3) експлуатаційна зольність вугілля.
II	Гірничо-геологічні
	1) наявність вугільних пластів малої потужності (<0,8 м); 2) геологічна будова і гідрогеологічні умови; 3) материнська зольність вугілля.
III	Екологічні
	1) можливість зменшення техногенного навантаження на підземну і поверхневу гідросферу; 2) зниження площі і величин осідання земної поверхні; 3) зменшення обсягів порожніх порід; 4) збереження на поверхні важливих господарських і природних об'єктів.
IV	Економічні
	1) залучення в відпрацювання забалансових вугільних запасів; 2) зменшення відсотка розубожування і зольності корисних копалин; 3) зниження екологічних штрафів за порушення земної поверхні, забруднення поверхневих і підземних вод; 4) збільшення терміну служби підприємства.

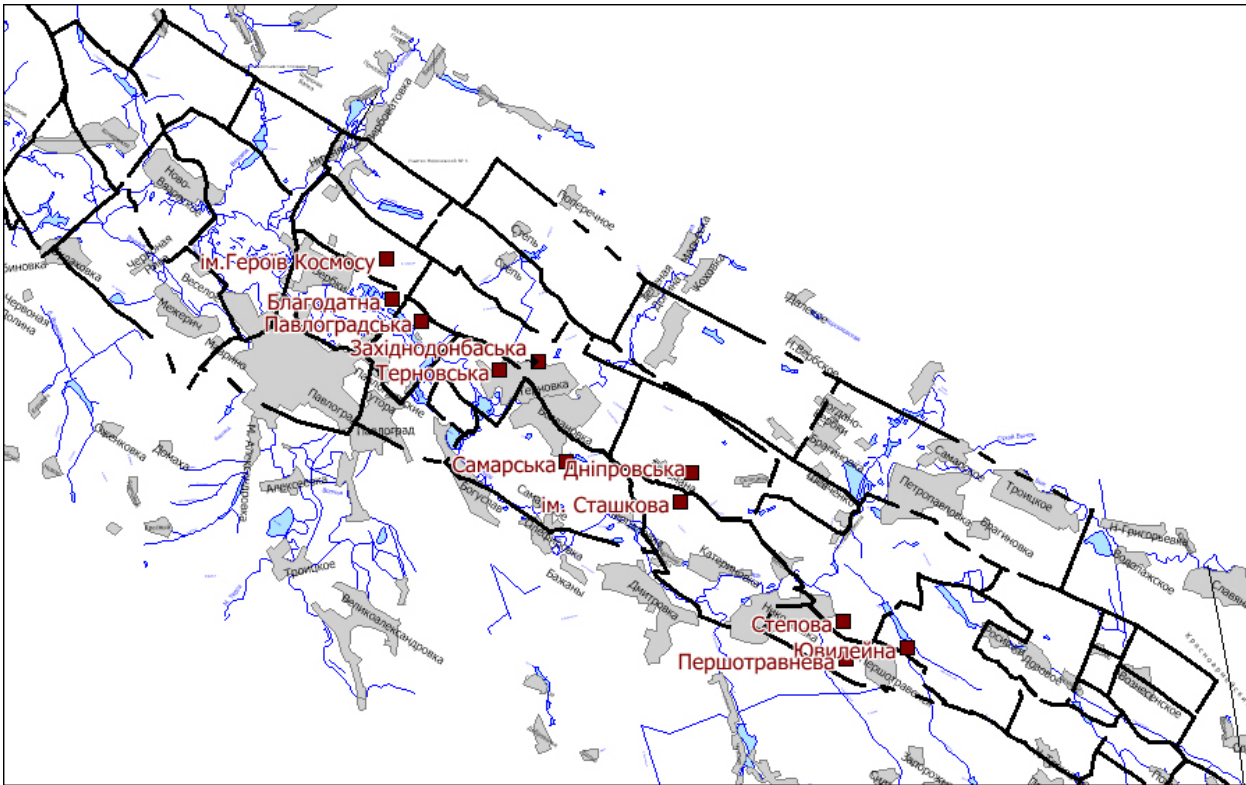


Рис. 1. Оглядова карта Західного Донбасу із шахтними полями

залучені ресурси за рахунок дренавання водоносних горизонтів покривних відкладів. Вивітрювання кам'яновугільних відкладів спостерігається до глибини 80-100 м. Тектонічні порушення невеликої амплітуди. В умовах цієї зони знаходяться шахти Східної групи – «Ювілейна», «Степова», «Дніпровська», ім. Н.І. Сташкова (рис. 1).

До другої зони належить смуга шириною близько 3 км, яка примикає до першої по лінії с. Благодатне – шх. «Тернівська». За гідрогеологічними умовами ця площа найбільш сприятлива для розробки, оскільки вугільні пласти тут «закритого» і «напіввідкритого» гідродинамічних типів. Кількість тектонічних порушень зменшується, але мають велику амплітуду зміщення. В умовах цієї зони знаходяться шахти Центральної групи – «Благодатна», «Павлоградська», ім. Героїв Космосу, «Тернівська», «Західно-Донецька», «Самарська» (рис.1).

Третя зона поширена на північ і північний схід від другої зони. Тут поширені водоносні горизонти бучацьких, тріасових і юрських відкладів. Гідрогеологічні умови відпрацювання найбільш прості. Порооди карбонівих відкладів невивітрілі, ємнісні запаси підземних вод обмежені, а тектонічні порушення закольматовані.

Четвертій зоні притаманні всі складні елементи попередніх. Межі зони: на сході – лінія,

що об'єднує міста Павлоград та Лозова; на заході – Карабіновський скид; на півдні – вихід на поверхню кам'яновугільних відкладів (вугільний пласт С₁); на півночі – за лінією сіл Вербки, В'язівок і Кочережки.

Обводнення виробок головним чином залежить від особливостей геологічної будови шахтних полів, зокрема від виходів вугільних пластів під обводнені бучацькі піски, і тектонічної порушеності порід, площі виробленого простору, черговості розробки вугільних пластів. Вирішальним фактором, що визначає наслідки водопроявів в очисних виробках шахт Західного Донбасу, є розмокання бічних порід під дією зволоження і швидка втрата ними міцних властивостей [8; 10–11].

Основними факторами формування притоку води до гірничих виробок шахт є:

1) геолого-структурний фактор, згідно з яким водоносні горизонти кам'яновугільних порід, що дренаються гірничими виробками, мають вихід під обводнені покривні відклади. У цьому випадку, крім ємнісних запасів, карбону велику роль відіграють залучені ресурси водоносних горизонтів мезо-кайнозойських відкладів і загальношахтні водоприпливом досягають 1200 м³/год. Там, де цей зв'язок відсутній або утруднений, водоприток в шахту не перевищує 100 м³/год;

2) формування зони водопровідних тріщин висотою 25-30 м під час обвалення покрівлі вугільних пластів і залучення в зону дренажу товщі палеоруслових пісковиків, що залягають як в основній, так і безпосередній покрівлі. Загальношахтний водоприток у цьому випадку може збільшуватися від 1-5 до 20-90 м³/год;

3) порядок відпрацювання бремсбергових і ухильних частин шахтного поля.

Балансові запаси вугілля Західного Донбасу складають 775 млн. т, позабалансові – 674 млн. т. У пластах потужністю 0,5-0,54 м знаходиться 321 млн. т вугілля, або 24,5% загальних запасів; 0,55-0,59 м – 226 млн. т, або 17,2%; 0,6-0,7 м – 243 млн. т, або 18,5%; 0,71-0,8 м – 192 млн. т, або 14,7%; більше 0,8 м – 330 млн. т, або 25,1% [1; 4; 13]. Таким чином, 50,4% запасів вугілля залягає у пластах із геологічної потужністю 0,55-0,8 м, які можуть бути відпрацьовані селективною технологією із зольністю 18-22% (рис. 2). Серед вугільних підприємств Західного Донбасу виділені шахти, які характеризуються найбільшою питомою вагою вугільних пластів потужністю 0,55-0,80 м у межах гірничих відводів. За кількістю таких запасів шахти розподілені в порядку їх зменшення в такий спосіб: «Степова», «Західно-Донбаська», «Дніпровська», ім. Героїв космосу, ім. М.І. Сташкова, «Ювілейна», «Самарська», «Павлоградська», «Благодатна» і «Тернівська».

Оскільки селективна технологія розробки із закладкою виробленого простору дозволяє знизити техногенне навантаження на підземну і

поверхневу гідросферу, зменшити площі просідання земної поверхні, то застосування її найбільш перспективно розглянути для Східної групи шахт Західного Донбасу, де зафіксовані найбільш глибокі зміни геологічних середовищ [8; 9].

Відпрацювання пластів у цій зоні ускладнена наявністю нестійких порід, що вміщують вугілля, з коефіцієнтом міцності $f = 2-3$, які поширені на 60-70% площі району.

Шахта ім. М.І. Сташкова характеризується складними гірничо-геологічними умовами експлуатації, пов'язаними з наявністю нестійкої, малостійкої і легкоруйнівної покрівлі, ділянок розмивів і розщеплення пластів, а також значними водопритоками за рахунок виходу кам'яновугільних порід під бучачькі відклади в долині річки Самара. Загальношахтний водоприток досягав 1756 м³/год. Шахтою розробляються вугільні пласти $C_5+C_5^H$, $C_5+C_5^B, C_4^2+C_4^{2B}$. Середня зольність гірської маси, що видається з лав, становить 36,5%, а загальношахтна – 39,5%. Балансові запаси шахти складають 59,8% від загальних, з яких у пластах із потужністю менше 0,80 м залягає 80,6%: 0,5-0,54 м – 22,6%; 0,55-0,59 м – 30,7%; 0,6-0,7 м – 13,4%; 0,71-0,8 м – 13,7%, а у пластах із робочою потужністю понад 0,80 м знаходиться 19,2%. Запаси з потужністю менше 0,80 м можуть бути відпрацьовані технологією селективної виїмки вугілля, за рахунок чого можливе продовження терміну служби шахти до 5-8 років.

Шахтою «Дніпровська» розробляється вугільний пласт C_{10}^B із середньою потужністю 1,02 м,

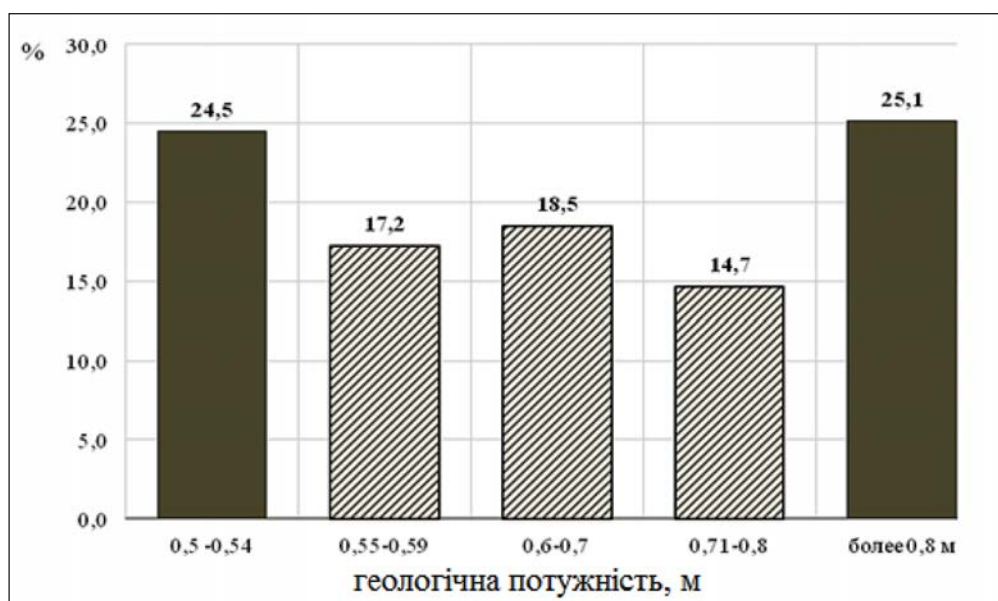


Рис. 2. Гістограма розподілу запасів вугілля у Західному Донбасі за потужністю: ■ – потенційна область використання технології селективного видобування вугілля

що дозволяє вести практично безприсічне відпрацювання (рис. 3). Однак зольність вугілля, що видобувається в лавах, змінюється в межах від 22,5 до 36,2% (при материнській 12,0%), а загальношахтна – 44,2%. Основною причиною збільшення зольності в процесі виїмки вугілля є наявність слабких, малостійких порід покрівлі, які під час пересування секцій кріплення зрушуються в забій, викликаючи розубожування вугілля. Також ослабленню сприяє коливання загальношахтного водотоку, який за період експлуатації змінювався від 124 до 300 м³/год. Для зниження процентного вмісту зольності і збільшення показників продуктивності раціональним є введення в експлуатацію лав, які працюють за селективною технологією, з першочерговою виїмкою порід покрівлі і подальшою виїмкою вугілля [1; 4; 8; 13; 14].

Шахтою ім. Героїв Космосу розробляються пласти С₁₁, С₁₀^В і С₉. Запаси вугілля в пластах потужністю 0,5-0,59 м складають 5,1%; потужністю 0,60-0,80 м – 39,8%. Експлуатаційна зольність пластів, що розробляються, коливається від 20,9 до 48,9%. Висока експлуатаційна зольність пояснюється великою величиною присічки, яка, наприклад, під час відпрацювання пласта С₁₁ може досягати 0,26 м. Гірничо-геологічні умови експлуатації родовища є складними, адже є слабкі породи, що різко втрачають свою міцність під час зволоження. Потенційною областю застосування технології селективної виїмки, в першу чергу, може стати вугільний пласт С₁₁, де в межах площі поширення із середньою геологічною потужністю 0,55 - 0,80 м залягає понад 6000 тис. т вугілля.

Значні перспективи має застосування селективної технології на шахтах «Самарська», «Сте-

пова» та «Ювілейна». Балансові запаси поля шахти «Самарська» складають 57%, а позабалансові – 43%. У даний час розробляються пласти С₅, С₄² і С₁, в яких знаходиться до 32% всіх промислових запасів. Робоча потужність вугільних пластів варіюється в межах від 0,60 до 1,30 м. Промислові запаси вугілля у пластах потужністю менше 0,80 м розподілені таким чином: 0,5-0,59 м – 31,8%; 0,60-0,80 м – 39,3%. Експлуатаційна зольність пластів, що розробляються (при середній материнській 6,2-10,7%), коливається від 32,5 до 45,2%, що пояснюється великою величиною присічки бічних порід, яка досягає 0,35 м. Істотно знизити зольність можливо під час селективної (роздільної) виїмки вугілля і присічних порід. Технологія дозволяє у 2 рази знизити розубожування вугілля (рис. 4).

Ускладнюючими факторами під час ведення очисних робіт є наявність у покрівлі потужного шару водовміщуючих пісковиків. Загальношахтний водоприток за весь період експлуатації змінювався від 35 до 430 м³/год. Так, у зонах підвищеної тріщинуватості під час обвалення основної покрівлі не рідкісні випадки посадки на «жорстку базу» механізованих кріплень і збільшення водотоку в очисну виробку. У північно-західній, східній і південно-західній частинах шахтного поля зафіксовані великі тектонічні порушення – Богданівський, Богуславський, Південно-Тернівський скиди. Тому суттєвим резервом підвищення ефективності і ресурсного потенціалу шахти «Самарська» є можливість реалізації селективного видобутку вугілля з пласта С₁, що дозволить видобути із надр понад 6 млн. т вугілля із зольністю не більше 25%.

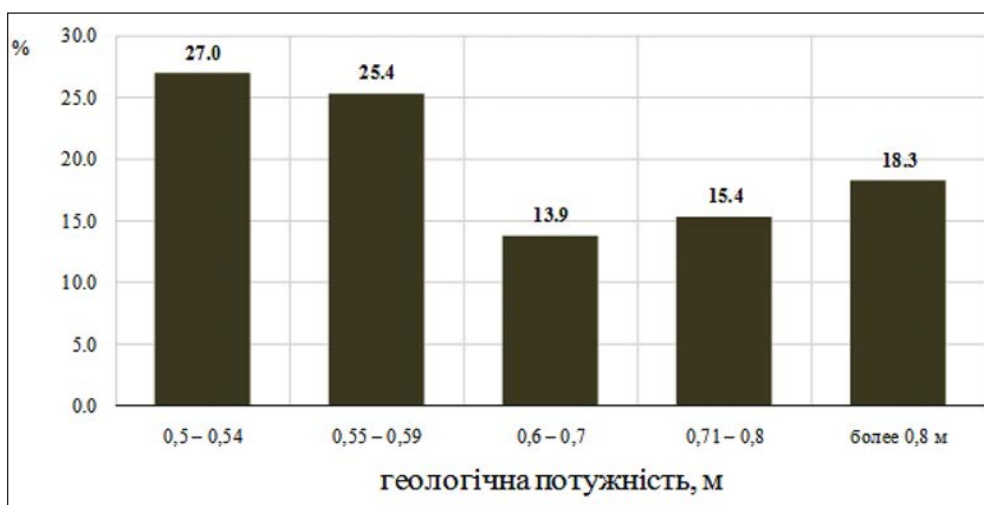


Рис. 3. Гістограма розподілу запасів вугілля шахти «Дніпровська» за потужністю

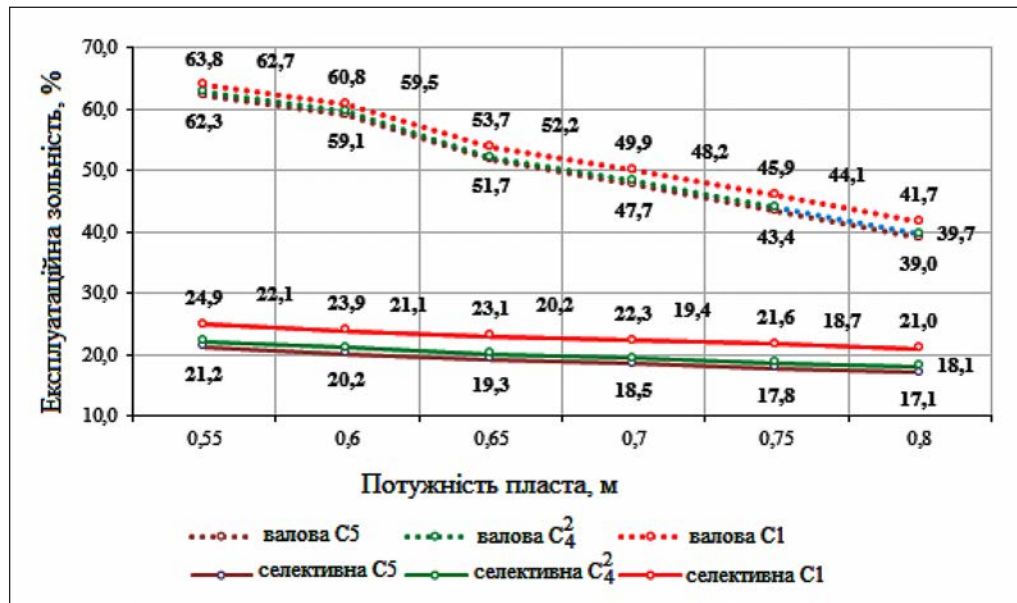


Рис. 4. Прогнозна зольність по пластам ш. «Самарська» в залежності від їх корисної потужності та технології видобування

Шахти «Степова» та «Ювілейна» розробляють вугільний пласт C₆, балансові запаси якого досить обмежені в межах шахтних полів. Умови експлуатації родовища є складними. Безпосередній вплив на гірничо-геологічні умови розробки вугільних пластів надають обводнені тонкозернисті піски бучацького горизонту, що мають пливунні властивості. Загальношахтний водоприток за весь період експлуатації змінювався від 279 до 1400 м³/год. Особливістю ш. «Степова» є поєднання «відкритого» і «закритого» гідрогеологічного типів. У процесі видобутку відбувається значне засмічення вугілля за рахунок присічки бічних порід – зольність збільшується від 6-10% до 17,8-36,4%.

Незважаючи на те, що на гірничодобувних підприємствах використовується сучасне обладнання для інтенсифікації очисних робіт, проблема поліпшення якості вугілля, що видобувається, залишається невирішеною. Застосування валової виїмки є основною причиною збільшення експлуатаційної зольності корисних копалин [1; 4; 7–9]. Для збільшення терміну служби підприємств необхідно залучити до відпрацювання запаси пластів C₆¹ і C₅, у межах яких технологія селективної виїмки вугілля дозволить не тільки знизити зольність вугілля, що видобувається, але і продовжити термін служби підприємств.

Крім того, за рахунок закладання виробленого простору значно послабиться прояв гірського тиску, що знизить випадки посадки механізованих комплексів «на жорстку базу», поліпшить стан прилеглих до очисного забою виїмкових виробок, що підвищить безпеку і ефективність відпрацювання цих

запасів. Також закладка дасть можливість зменшити техногенне навантаження на підземну і поверхневу гідросферу за рахунок зниження площ і величин осідання земної поверхні.

Висновки. За результатами комплексної оцінки гірничо-геологічних умов Західного Донбасу встановлено, що 50,4% вугільних запасів залягає в пластах з геологічної потужністю 0,55-0,8 м, які доцільно відпрацьовувати застосовуючи селективну технологію із зольністю 18-22%.

Розглянуті геолого-гідрогеологічні умови експлуатації шахт Західного Донбасу в межах двох гідрогеологічних зон. За геологічними і інженерно-геологічними умовами розробки вугілля територія розділена на зони, а виділені групи шахт досліджені по ряду параметрів. Проаналізовано основні закономірності формування водопритоків у гірничі виробки.

Виділено перспективні вугільні запаси, доцільні для відпрацювання селективною технологією на прикладі Східної групи шахт. Встановлено, що в даних умовах селективна виїмка не тільки дозволить знизити зольність вугілля, що видобувається, а й продовжить термін служби підприємств.

За рахунок закладання виробленого простору значно зменшаться прояви гірського тиску, підвищиться безпека та ефективність відпрацювання запасів вугілля. Також це дасть можливість зменшити техногенне навантаження на підземну і поверхневу гідросферу за рахунок зниження площ і величин осідання земної поверхні, відсутність відвалів порожніх порід, збереження на поверхні важливих господарських і природних об'єктів.

Список літератури:

1. Snihur V., Malashkevych D., Vvedenska T. 2016. Tendencies of coal industry development in Ukraine. Mining of mineral deposits. Vol. 10(2), pp. 1–8.
2. Fomichov, V., Sotskov, V. and Malykhin, A., 2014. Determination and analysis of the acceptable benchmark changes of the stress strain state of frame and bolt fastening elements of dismantling drift when approaching a working face. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, №1, pp. 22 – 26.
3. Sidorenko A. and Ivanov V. 2016. Underground mining of multiple seam of coal. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 11, № 7, pp. 4448–4454.
4. Byzilo V., Koshka O., Poymanov S. & Malashkevych D., 2015. Resource-saving technology of selective mining with gob backfilling. *New developments in mining engineering / CRC Press is an imprint of the Taylor&Francis Group, an informa business A. BALKEMA BOOKS. Dnipropetrovs'k: LitographPress. P. 485–492.*
5. Bondarenko V., Hardygora M., Symanovych H., Sotskov V., & Snihur V. 2016. Numerical methods of geomechanics tasks solution during coal deposits' development. *Mining of mineral deposits*, Volume 10, 2016, Issue 3, p. 1–12.
6. Sotskov V.O., Demchenko Yu. I., Salli S.V. & Dereviachina N.I. (2017). Optimization of parameters of overworked mining gallery support while carrying out long-wall face workings. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. № 6, pp. 34–40.
7. Рубан С.А., Шинкаревський М.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України : монографія. Київ : УкрДГРІ, 2005. 572 с.
8. Бєседа М.І., Лущик А.В., Коваленко Л.Д. та ін. Регіональна оцінка змін геологічного середовища Донбасу у зв'язку з виводом вугільних шахт із експлуатації. Звіт / УкрДГРІ. Київ, 2000.
9. Sadovenko I. Rudakov D., Podvigina O. Analysis of hydrogeodynamics in a mining region during exploitation till closure of coal mines / *New Techniques and Technologies in Mining*. – Proc. of the School of underground mining, Dnipropetrovsk-Yalta, 2010. – CRC Press, Taylor and Francis Group. 2010. P. 61–69.
10. Sotskov, V. and Saleev, I. 2013. Investigation of the rock massif stress strain state in conditions of the drainage drift overworking. *Annual Scientific-Technical Colletion – Mining of Mineral Deposits*, pp. 197–202.
11. Sadovenko, I., Zagrytsenko, A., Podvigina, O., & Dereviachina, N. (2016). Assessment of environmental and technical risks in the process of mining on the basis of numerical simulation of geofiltration. *Mining of Mineral Deposits*, 10(1), 37–43.
12. M. Meng, Z. Nan, J. Jixiong, Z. Zhicheng 2017. Numerical Modelling of Mechanical Behavior of Coal Mining Hard Roofs in Different Backfill Ratios: A Case Study. *Energies*, 10(7). pp. 1–18.
13. Saik, P.B., Dychkovskiy, R.O., Lozynskiy, V.G., Malanchuk, Z.R. & Malanchuk, Ye.Z., 2016. Revisiting the Underground Gasification of Coal Reserves from Contiguous Seams. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, pp. 60–66.
14. Sadovenko I., Zahrytsenko A., Podvihina O., Dereviachina N., 2017. Water Balance Control Within Rock Mass Using The Capacity Of Water-Dearing Formations. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, pp. 19–26

Sotskov V.O., Zagrytsenko A.M., Dereviachina N.I. JUSTIFICATION OF MINING AND GEOLOGICAL PARAMETERS OF USAGE OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF SELECTIVE DEVELOPMENT OF COAL SEAMS OF WEST DONBASS

The article estimates the potential of deposits under development in Ukraine to provide the energy system of the country with stable coal supply in the long run. Ukrainian deposits are characterized by complex mining and geological conditions and low thickness of deposits, which significantly complicates extraction. More than 80% of West Donbass coal reserves are concentrated in seams with a thickness of less than 1 m, and productive reserves with relatively favorable mining conditions have already been developed. In this regard, it is necessary to develop and implement new energy-efficient and resource-saving coal mining technologies. Criteria of development suitability of coal seams with low thickness of West Donbass using selective technology are justified in the paper. Geological and hydrogeological conditions of operation of West Donbass mines within two hydrogeological zones are considered. Prospective coal reserves, suitable for development using selective technology, are identified. It is established that under these conditions, the technology of selective extraction of coal not only reduces the ash content of extracted coal, but also extends the life cycle of enterprises. According to the results of a comprehensive estimation of mining and geological conditions of West Donbass, it is established that 50.4% of coal reserves are in seams with a geological thickness of 0.55-0.8 m, which are suitable for development using the selective technology with ash content of 18-22%. When using selective coal mining technology, due to the stowing of developed space, the manifestation of rock pressure is significantly reduced, and safety and efficiency of development of coal reserves is improved. This reduces the technogenic load on underground and surface hydrosphere by reducing the areas and values of subsidence of the earth's surface, absence of rock waste dumps, preservation of important economic and natural objects on the surface.

Key words: layer thickness, ash content, water inflows, selective technology, bookmark of the produced space.

МЕТАЛУРГІЯ

УДК 669.112.2:669.26

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/05>

Гришин О.М.

Національна металургійна академія України

Надточій А.А.

Національна металургійна академія України

ВПЛИВ ДОБАВОК ЗАЛІЗА НА КІНЕТИКУ ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДУ ХРОМУ ВУГЛЕЦЕМ І КАРБІДАМИ

Експериментально досліджено кінетику відновлення Cr_2O_3 в присутності заліза. Виявлено фізико-хімічні особливості впливу заліза, введеного в шихтових суміші в металевій формі і у вигляді оксиду, на розвиток процесу при різних температурах і на окремих етапах відновлення Cr_2O_3 . Висунуто уявлення про вплив заліза на термодинамічні закономірності твердофазного відновлення хрому в простих і складних системах.

Представлена діаграма рівноваги системи $Cr-Fe-C-O$, з урахуванням якої розглянуті особливості навуглецьовування заліза і вплив цього процесу в цілому на аналізовану систему. Проаналізовано вплив заліза на кінетику процесу в умовах різних температур, складу шихти, виду твердого відновника. Розвинені уявлення про механізм впливу заліза на швидкісні закономірності та глибину відновлення хрому з оксидної фази, зокрема при дефіциті вуглецю, що на пізніх етапах включає в процес відновлення карбід Cr_3C_2 в якості відновника. Виявлено, що характер впливу добавок заліза на кінетику відновлення Cr_2O_3 вуглецем і карбідом Cr_3C_2 протилежний. Виконані дослідження з кінетики відновлення оксиду хрому вищим карбідом Cr_3C_2 при варіації температури, складу шихти. Присутність заліза забезпечує відновлення Cr_2O_3 карбідом Cr_3C_2 вже при температурі 1473К. Підйом температури до 1573К значно форсує процес, а введення заліза збільшує швидкість в $\sim 1,3$ рази. Розвинене уявлення про механізм впливу заліза на відновлення оксиду хрому його вищим карбідом. Введення заліза у вигляді магнетитового концентрату прискорює відновлення хрому і збільшує глибину розвитку процесу при незмінному вмісті вуглецю в зразках, що досліджуються. Одночасно створюються умови для деякого зневуглецьовування отриманого твердого продукту, при чому попереднє згрудкування шихти може значно підвищити швидкісні характеристики процесу.

Ключові слова: оксид хрому, лігатура, відновлення, залізо, кінетика, механізм процесу, карбід.

Постановка проблеми. Впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій в металургії дозволяє значно підвищити ефективність виробництва. Використання губчастих лігатур, отриманих в процесі твердофазного комплексного відновлення збільшує витяг легуючого елемента з руди, значно знижує енерговитрати, а також забезпечує отримання продукту з більш високими фізико-хімічними і технологічними показниками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вуглецевотермічне відновлення хрому з його оксиду є предметом багатьох досліджень [1–3; 4, с. 232; 5, с. 323; 6], деякі частково торкалися питання впливу добавок заліза металевого на процес. Як свідчать дослідження, при відновленні складних оксидів, що містять хром, наприклад

феритів хрому і марганцю, на початковій стадії першим відновлюється залізо. Однак, участі у процесі заліза, що утворилося або введене в систему, вивчено недостатньо. Це стосується термодинамічних і кінетичних аспектів.

Термодинамічні зміни в системі при введенні заліза, в основному, можуть стосуватися зміни рівноважного складу газової фази, фазового складу за рахунок утворення карбиду Fe_3C , подальшого формування за різними фізико-хімічними схемами спільних карбідів, а також міжфазної взаємодії [7]. Висока рівноважна концентрація CO при відновленні хрому вуглецем, безумовно, забезпечує навуглецьовування заліза і утворення його карбиду. Утворені в подальшому при відновленні атоми хрому розчиняються в

карбіді заліза, або взаємодіють з вуглецем, перетворюючись послідовно в карбід Cr_7C_3 . Оцінити ймовірні схеми формування спільних карбідів, а також виконати термодинамічний аналіз системи важко, тому що немає термохімічних даних їх утворення.

Постановка завдання. Оскільки ця робота спрямована на розробку фізико-хімічних основ твердофазного отримання залізохромистих легуючих матеріалів, необхідно оцінити вплив металевого заліза на кінетику процесу та встановити можливий механізм такого впливу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідні дослідження виконані, в основному, з використанням хімічно чистих реагентів з додаванням різних кількостей тонкодисперсного металевого заліза (з розміром часток до 70 мкм).

Встановлено, що введення заліза гальмує відновлення Cr_2O_3 вуглецем при 1473 – 1573К (рис. 1).

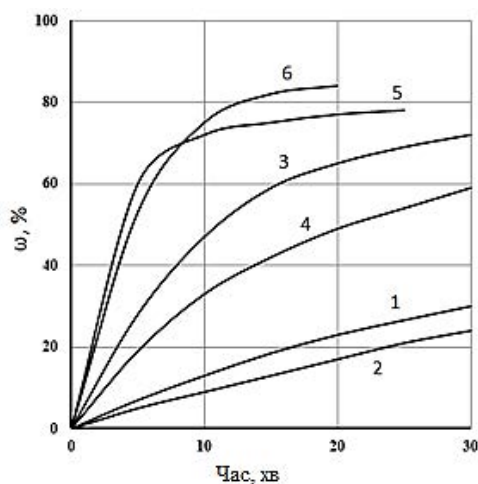


Рис. 1. Кінетика відновлення Cr_2O_3 графітом без добавок (1,3,5) й в присутності металевого заліза (2,4,6) при $Fe/Cr = 1$ та $C/O = 1$; 1,2 – 1473К; 3,4 – 1573К; 5,6 – 1673К

Це узгоджується з літературними відомостями [8, 9]. Негативний ефект мав місце і мало змінювався при варіюванні маси добавки в межах від 10 до 100% відносно початкового вмісту хрому в зразку (рис. 2).

При 1673К картина відновлення істотно змінюється. Як видно з кінетичних кривих, що представлені на рис. 1, присутність металевого заліза уповільнює процес на початкових етапах відновлення і значно прискорює в заключний період. При цьому кінцева ступінь відновлення Cr_2O_3 за час дослідження досягає 85%, при чому дана величина більше ніж можливо для повного перетворення $Cr_2O_3 \rightarrow Cr_7C_3$ в умовах прийнятого співвідношення C/O в шихті.

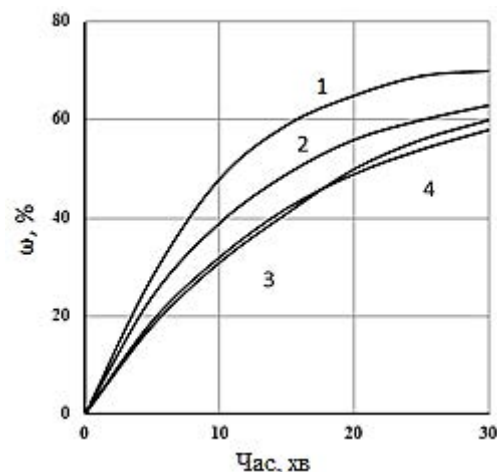
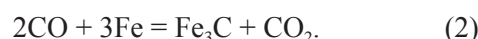


Рис. 2. Вплив металевого заліза на кінетику відновлення Cr_2O_3 графітом при 1573К й атомному співвідношенні $C/O = 1$: 1 - без $Fe_{мет}$; 2 - $Fe/Cr = 0,1$; 3 - $Fe/Cr = 0,5$; 4 - $Fe/Cr = 1$

Ефект гальмування процесу добавками металевого заліза не можна пов'язати з погіршенням контакту оксидної фази з твердим вуглецем, до такого висновку дійшли автори [8, 9]. Він суперечить незмінності швидкості відновлення Cr_2O_3 при введенні в шихту навіть великих кількостей інертного розчинника – Al_2O_3 [9, 10]. Пояснення встановленому факту слід шукати з урахуванням неоднозначного впливу заліза на кінетику процесу. З одного боку, залізо може прискорювати відновлення внаслідок каталітичного впливу на реакцію газифікації вуглецю вуглекислим газом і розчинення в ньому хрому і його карбідів. З іншого боку, можливе уповільнення процесу через витрачання частини CO на навуглецьовування заліза і утворення його карбідів:



Термодинамічні передумови для розвитку цих реакцій наближено ілюструє рис. 3, при побудові якого не враховано утворення розчинів і змішаних залізо-хромистих карбідів в системі $Cr-Fe-O-C$. Навуглецьовування заліза не тільки знижує відновлювальний потенціал газової фази, а й призводить до утворення невеликих кількостей металевих розплавів. Про це свідчить наявність затверділих найдрібніших корольків в охолодженому продукті відновлення.

Розплав, що утворився, блокує частину поверхні твердих реагентів від контакту з газовою фазою $CO-CO_2$, сповільнюючи процес в цілому. До аналогічного висновку дійшли також і автори [11].

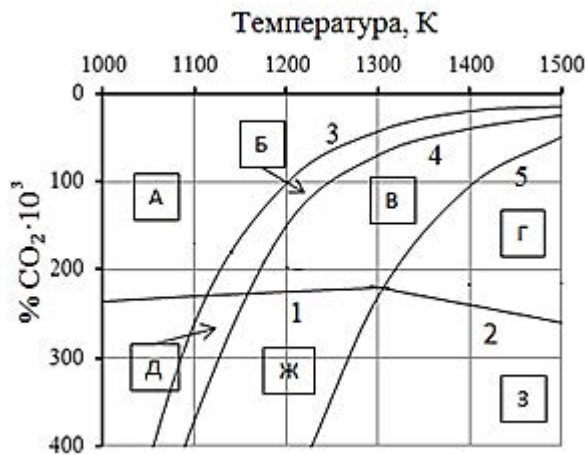
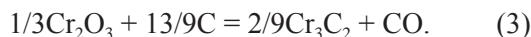


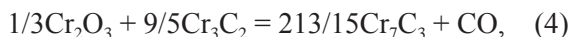
Рис. 3. Діаграма рівноваги в системі Cr-Fe-O-C: 1, 2 - відновлення Cr_2O_3 до Cr_3C_2 , Cr_7C_3 , відповідно; 3, 4, 5 - газифікація C, Fe_3C й Cr_3C_2 газом CO_2 ; області стійкості А) C, Б) $\text{Fe}_3\text{C} + \text{Cr}_3\text{C}_2$, В) $\text{Cr}_3\text{C}_2 + [\text{C}]_{\text{Fe}}$, Г) $\text{Cr}_7\text{C}_3 + [\text{C}]_{\text{Fe}}$, Д) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_3\text{C}$, Ж) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + [\text{C}]_{\text{Fe}}$, 3) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + [\text{C}]_{\text{Fe}}$

З урахуванням викладеного та експериментальних даних, представлених на рис. 1, можна зробити висновок, що при 1473 – 1573K і на початковому етапі відновлення при 1673K переважає негативна дія добавок металевого заліза. В умовах досить глибокого розвитку процесу, коли, в основному, вільний вуглець витрачений і в відновлення включається Cr_3C_2 , ситуація кардинально змінюється – присутність заліза значно форсує видалення кисню з оксидної фази.

Подібний зсув має місце і при 1573K в дослідях з шихтою складу ($\text{Cr}_2\text{O}_3 + 1,5\text{C}$). Як видно з кінетичних кривих рис.4, за відсутності заліза процес різко гальмується після досягнення $\omega \approx 33\%$, що означає завершення реакції



У присутності металевого заліза в початковий період відновлення (описується зазначеної реакцією) протікає уповільнено. В кінцевому періоді ($\omega > 30\%$), коли в процес включається реакція



відновлення значно прискорюється.

Отримані експериментальні дані свідчать про те, що характер впливу добавок заліза на кінетику відновлення Cr_2O_3 вільним вуглецем і карбідом Cr_3C_2 протилежний. Значне прискорення процесу в останньому випадку вказує на можливість зневуглицювання твердого продукту шляхом посиленого залучення карбідної фази в відновлення оксиду хрому.

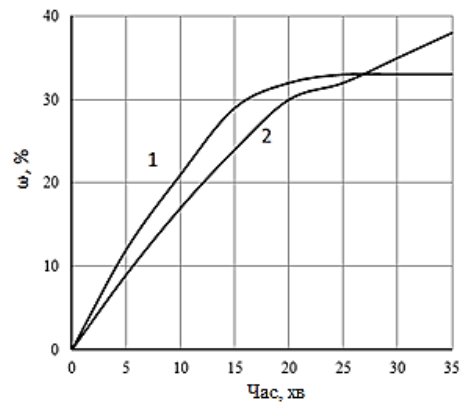


Рис. 4. Кінетика відновлення Cr_2O_3 графітом при 1573K, атомному співвідношенні Fe/Cr=1 й C/O=0,5: 1 - без $\text{Fe}_{\text{мет}}$, 2 - з добавкою $\text{Fe}_{\text{мет}}$

В рамках цієї роботи піддалася дослідженню кінетика відновлення Cr_2O_3 попередньо отриманим карбідом Cr_3C_2 самостійно і в присутності заліза за реакцією (4). Вміст карбиду в шихті в співвідношенні, що відповідає реакції (4), забезпечує досягнення ступеня відновлення $\omega = 50\%$. Як уже зазначалося, в присутності добавок заліза при 1473K відновлення не отримує розвитку. Підйом температури до 1573K забезпечує перебіг процесу зі значною швидкістю та за 30 хвилин досліді ступінь відновлення зразка наближається до граничної $\omega \approx 46\%$ (рис. 5).

Перехід до 1673K сильно інтенсифікує процес, глибина розвитку якого ($\omega \sim 70\%$), значно перевищує раніше зазначену граничну величину ($\omega = 50\%$).

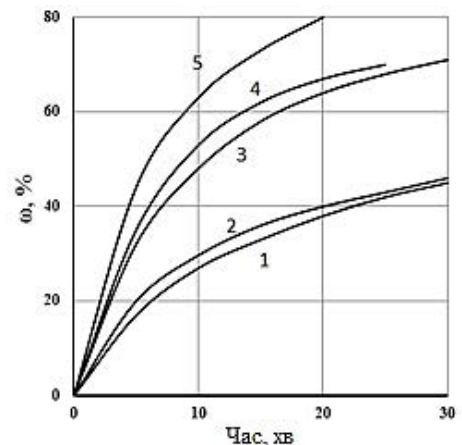


Рис. 5. Кінетика відновлення Cr_2O_3 карбідом Cr_3C_2 без добавок (2,4) й в присутності металевого заліза (1,3,5) при атомному співвідношенні Fe/Cr=1: 1 – 1473K; 2,3 – 1573K; 4,5 – 1673K

Це свідчить про появу нестабільного карбиду Cr_{23}C_6 , що стає термодинамічно можливим завдяки прискореному течію реакції і зростання

концентрації CO в обсязі шихти в результаті підвищення температури до 1673K (рис. 6).

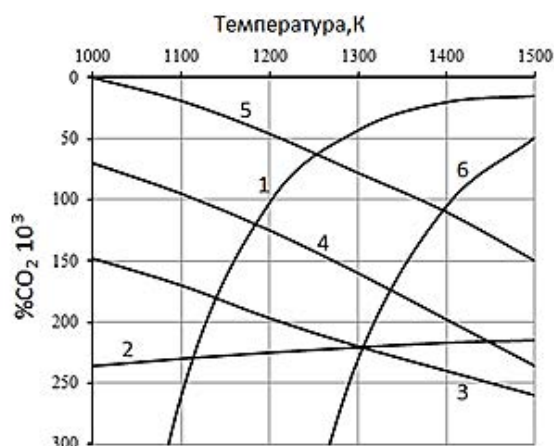


Рис. 6. Діаграма рівноваги в системі Cr-O-C:
 1 – $C + CO_2 = 2CO$; 2 – $1/3Cr_2O_3 + 17/9CO = 2/9Cr_3C_2 + 13/9CO_2$; 3 – $1/3Cr_2O_3 + 11/7CO = 2/21Cr_7C_3 + 9/7CO_2$; 4 – $1/3Cr_2O_3 + 31/23CO = 2/69Cr_{23}C_6 + 27/23CO_2$; 5 – $1/3Cr_2O_3 + CO = 2/3Cr + CO_2$; 6 – $7/5Cr_3C_2 + CO_2 = 3/5Cr_7C_3 + 2CO$

Введення металевго заліза в шихту істотно змінює кінетичну картину процесу. Перш за все, звертає на себе увагу той факт, що присутність заліза забезпечує відновлення Cr_2O_3 карбідом Cr_3C_2 вже при температурі 1473K (рис. 5). Підйом до 1573K природно форсує процес, а введення заліза збільшує швидкість в $\sim 1,3$ рази. Ступінь відновлення зростає, що досягається за 0,5 години становить 70%. Подібні зрушення в присутності заліза мають місце і при 1673K, а ступінь відновлення протягом 20 хвилин досягає 80%. Настільки глибокий розвиток процесу при 1573 і 1673K свідчить про появу твердого продукту на базі нижчого карбїду хрому $Cr_{23}C_6$.

Цей висновок знаходить підтвердження в результатах досліджень [10, 11], які дозволяють деталізувати сутність змін, що відбуваються. Автори із застосуванням різноманітних методів фізико-хімічного аналізу досліджували фазові перетворення, що відбуваються при тепловій обробці пресованої суміші Cr_3C_2 і заліза у вакуумі. Встановлено, що взаємодія твердих реагентів починається з односторонньої дифузії атомів хрому і, переважно, вуглецю в металеве залізо. Карбід збіднюється вуглецем, а структура його розпушується. Відбувається перерозподіл атомів вуглецю в карбїді, орторомбічна структура Cr_3C_2 перебудовується в гексагональну Cr_7C_3 . Гексагональний карбїд хрому, що утворюється, здатний розчинити в собі до 60% заліза, перетворюючись таким чином в спільний хромо-залістий карбїд $(Cr,Fe)_7C_3$. У свою чергу міграція вуглецю і

хрому з кристалічної решітки вихідного Cr_3C_2 і розчиненням (заміщенням) їх в залізі, може призводити до утворення складних карбїдів на основі металевго заліза. На думку авторів [12, 13], при подальшому розвитку процесу можливе утворення спільних карбїдів типу $(Cr,Fe)_{23}C_6$. Присутність цього карбїду було встановлено при 1373K.

З урахуванням викладеного, імовірніший механізм впливу заліза на кінетику вуглецево-термічного відновлення Cr_2O_3 представляється наступним. Як відомо, вищий карбїд хрому дуже обмежено заміщає атоми хрому атомами заліза. Дифузійний перехід атомів вуглецю в металеве залізо утруднений, тому що останній вже сильно навуглецьований внаслідок перебігу реакцій (1) і (2). Міграція атомів хрому з карбїду в залізо (або випереджаючої дифузії) без супроводу вуглецю розвиватися не може. Тому в присутності вільного вуглецю, що обмежує перебіг реакції



особливо в області помірних температур, утворення твердих розчинів Fe-Cr-C і спільних карбїдів $(Fe,Cr)_3C$ сильно утруднено. Вплив добавок заліза в шихту на процес відновлення обмежується в основному тими напрямками, які були розглянуті вище.

Витрата вуглецю і вступ Cr_3C_2 в процес відновлення Cr_2O_3 кардинально змінює ситуацію. Завдяки розвитку реакції (5), на поверхні карбїду виникає дефіцит вуглецю і відбувається фазове перетворення $Cr_3C_2 \rightarrow Cr_7C_3$. У відсутності вільного вуглецю протікання реакцій (1) і (2) не можливе і навіть не виключена можливість протікання їх в зворотному напрямі. Таким чином, відкриваються шляхи для зустрічної дифузії атомів Cr і Fe з утворенням залізо-хромистого карбїду $(Cr,Fe)_7C_3$ і розчинів Fe-Cr-C. Менш імовірно в умовах перебігу реакції (5) поява карбїду $(Fe,Cr)_3C$. На користь такого твердження свідчить більш висока термодинамічна міцність Cr_3C_2 порівняно з Fe_3C – зменшення вільної енергії при утворенні останнього багаторазово поступається аналогічній величині для вищого карбїду хрому. Поява в кристалічній решітці Fe_3C до 20% Cr [5, с. 323] не може, мабуть, змінити зазначене співвідношення ΔG^0 на протилежне. У той же час в ході подальшого розвитку процесу стає принципово можлива поява змішаного карбїду $(Cr,Fe)_{23}C_6$ [12, 13].

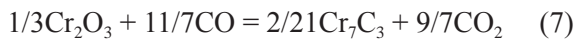
Утворення розчинів Fe-Cr-C і змішаних карбїдів викликає суттєві термодинамічні зрушення в даній системі. Зокрема [14, 15], зниження активності хрому, обумовлене розчиненням його в залізі, і

зростання рівноважних концентрацій CO_2 створюють сприятливі передумови для розвитку реакції



Однак не це ланка визначає спостережувану швидкість процесу. Виконані в роботі дослідження дозволяють стверджувати, що визначальна роль належить, в основному, реакції (1). Про це свідчить зростання швидкості відновлення Cr_2O_3 при подрібненні вуглецю, збільшенні його вмісту в шихті і в разі заміни графіту високореакційним дерев'яним вугіллем або піролігініном. В присутності заліза переважає вплив негативних чинників на швидкість газифікації вуглецю і розвиток процесу в цілому.

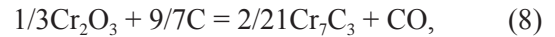
Вступ Cr_3C_2 у відновлення Cr_2O_3 змінює характер взаємодії і можливість утворення змішаного карбіду $(\text{Cr,Fe})_7\text{C}_3$. Останній можна розглядати як практично ідеальний розчин хрому і заліза в підрешітці заміщення спільного карбіду [16]. Утворення такого розчину сприяє розвитку реакцій (5) і



внаслідок зменшення активності карбідної фази, що з'являється. Тому прискорюється реакція (4), що описує відновлення Cr_2O_3 в цілому, але із заміною Cr_7C_3 на $(\text{Cr,Fe})_7\text{C}_3$.

Особливості впливу заліза на кінетику відновлення Cr_2O_3 вуглецем і зміни механізму цього впливу наочно ілюструється рис. 4. В умовах великого дефіциту вуглецю чітко проявляється перехід від ефекту гальмування до інтенсифікації процесу. Підйом температури до 1673К полегшує перекристалізацію Cr_3C_2 з утворенням змішаного карбіду (рис.1). Більш того, як зазначалося раніше, глибина розвитку процесу рівню, що відповідає переходу $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr}_7\text{C}_3$, і свідчить про появу залізо-хромової карбідної фази на основі Cr_{23}C_6 . Дифузійний перенос атомів металу не носить, звичайно, односторонній характер. Тому за рахунок дифузії хрому в металеве залізо утворюється розчин Fe-Cr-C. У разі відновлення Cr_2O_3 попередньо отриманим карбідом Cr_3C_2 розвиваються подібні процеси.

Таким чином, результати виконаних досліджень свідчать про принципову можливість досить швидко здійснювати повне відновлення Cr_2O_3 в присутності заліза, наприклад, при 1673К. Отриманий в цих умовах металізований продукт значною мірою піддається зневуглецюванню. Розрахунки показують, що при співвідношенні Cr_2O_3 і вуглецю в шихті, що відповідає реакції



і атомному співвідношенні $\text{Cr/Fe} \approx 1$, вміст вуглецю в кінцевому продукті становить $\sim 4,5\%$. Шихтова суміш, що відповідає реакції



принципово дозволяє знизити концентрацію вуглецю до $\sim 2,8\%$.

Істотно заміна металевого заліза оксидами заліза не знижує швидкісні характеристики процесу. Про це свідчать результати спільного відновлення заліза і хрому з суміші магнетитового і хромистого концентратів при 1673К, що представлені на рис. 7.

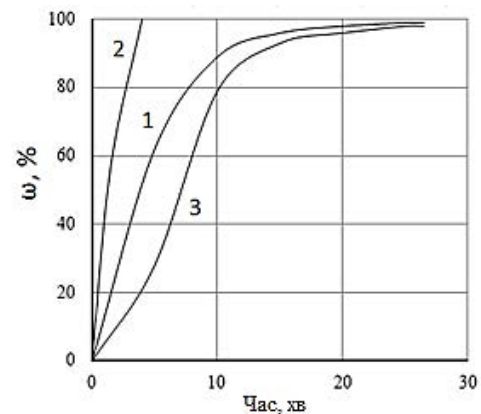


Рис. 7. Кінетика відновлення заліза і хрому графітом з суміші магнетитового концентрату й Cr_2O_3 при 1673К: 1 – сумарна ступінь відновлення; 2 – ступінь відновлення концентрату; 3 – ступінь відновлення Cr_2O_3

Слід зауважити, однак, що заміна Cr_2O_3 на природний матеріал супроводжується істотним зниженням швидкості відновлення.

Висновки. Таким чином, введення в шихту губчастого заліза, отриманого методом глибокої металізації магнетитового концентрату, значно збільшує кінетичні параметри процесу отримання лігатур, що містять хром, а також сприяє зниженню вмісту вуглецю в продукті за допомогою залучення до процесу карбідів. При практичній реалізації технології твердофазного відновлення оксидів, з метою отримання губчастих лігатур, необхідно грудкування вихідної шихти. При цьому використовуються різні сполучні матеріали, а отримані брикети піддаються термічній обробці з метою їх зміцнення. Зазначені дії, безумовно, приведуть до зміни кінетичних характеристик, що вимагає окремого дослідження.

Список літератури:

1. Морозов А.Н. Изучение восстановимости хромовых руд: сб. научно-техн. тр. НИИМ. Челябинск : Челябинское книжное изд-во, 1960. Вып. 2. С. 173–177.
2. Лисняк С.С., Беликов А.М., Морозов А.Н., Вшивкова Л.А. Поведение хромшпинелидов при нагревании в восстановительной и окислительных газовых средах. *Огнеупоры*. 1962. № 9. С. 417–420.
3. Колчин О.П. О механизмах восстановления металлов из их окислов углеродом. Механизм и кинетика восстановления металлов: сб. научн. тр. М. : Наука, 1970. С. 40–48.
4. Елютин В.П., Павлов Ю.А., Поляков В.П., Шеболдаев Б.В. Взаимодействие окислов металлов с углеродом. М. : Metallurgia, 1976. 359 с.
5. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. М. : Metallurgia, 1988. 784 с.
6. Григорьев Д.С. Некоторые кинетические закономерности углеродотермического восстановления смеси окалины быстрорежущей стали с добавками шеелитового концентрата. *Металл и литье Украины*. 2010. № 9–10. С. 57–61.
7. Дымченко В.А. Исследование металлокерамической системы железо-орторомбический карбид хрома. Материалы II научно-техн. конференции Краматорск. н.-и и проектно-технол. ин-та машиностр. Краматорск, 1970. С. 27–28.
8. Топорищев Г.А., Волков В.С., Гетманчук В.М. Влияние примесей на кинетику восстановления оксида хрома углеродом. Восстановительные процессы в производстве ферросплавов: сб. науч. тр. М. : Наука, 1977. С. 129–132.
9. Яковенко А.И., Ашин А.К., Ростовцев С.Т. Исследование кинетики восстановительных процессов в системах Cr-O-C и Cr-Fe-O-C. Восстановительные процессы в производстве ферросплавов : сб. науч. тр. М. : Наука, 1977. С. 139–142.
10. Симонов В.К., Золотарева В.В., Власенко В.Н. О механизме твердофазного восстановления Cr_2O_3 углеродом. *Теория и практика металлургии*. 1998. № 2. С. 17–20.
11. Кадарметов Х.Н., Поволоцкий В.Д. Образование зародышей металла и шлака при твердофазном углеродотермическом восстановлении хромовых руд. *Металлы*. 1987. № 3. С. 19–21.
12. Власюк Р.З., Деймович В.Б., Мамонова И.А. и др. Растворение карбида Cr_3C_2 в железной матрице. *Порошковая металлургия*. 1981. № 10. С. 26–30.
13. Власюк Р.З., Грипачевский А.Н., Родомыслевский И.Д. Изменение химического и фазового состава частицы Cr_3C_2 , находящейся в контакте с железной матрицей при спекании. *Порошковая металлургия*. 1984. № 8. С. 28–33.
14. Попов А.А., Острик П.Н., Гасик М.М. Термодинамика восстановления и карбидообразования в системе Fe-Cr-O-C. *Известия вузов. Черная металлургия*. 1987. № 4. С. 1–4.
15. Б.И. Леонович В.Е. Серебряков, Н.Р. и др. Термодинамический анализ системы железо-хром-углерод. *Известия вузов. Черная металлургия*. 1989. № 1. С. 4–10.
16. Гордиенко С.П., Маслюк В.А. Компьютерное моделирование фазовых превращений Cr_3C_2 в контакте с железом при нагреве. *Порошковая металлургия*. 1996. № 42. С. 69–73.

Hryshyn O.M., Nadtochii A.A. THE EFFECT OF IRON SUPPLEMENTS ON THE KINETICS OF REDUCTION OF CHROMIUM OXIDE BY CARBON AND CARBIDES

The kinetics of Cr_2O_3 reduction in the presence of iron was experimentally investigated. The physicochemical peculiarities of the effect of iron introduced into the charge mixture in metallic form and in the form of oxide on the development of the process at different temperatures and at separate stages of Cr_2O_3 reduction are revealed. The idea of the effect of iron on the thermodynamic regularities of solid-phase chromium reduction in simple and complex systems has been put forward. The equilibrium diagram of the Cr-Fe-C-O system is presented, taking into account the features of iron carbonization and the impact of this process on the whole system. The influence of iron on the kinetics of the process at different temperatures, the composition of the charge, the type of solid reducing agent is analyzed.

Developed ideas about the mechanism of the effect of iron on the speed patterns and depth of reduction of chromium from the oxide phase, in particular in carbon deficiency, which in the later stages involves the process of reduction of Cr_3C_2 carbides as a reducing agent. It was found that the effect of iron additives on the kinetics of Cr_2O_3 reduction by carbon and Cr_3C_2 carbide is opposite. Studies have been performed on the kinetics of the reduction of chromium oxide with higher Cr_3C_2 carbide with variation in temperature, charge composition. The presence of iron ensures the recovery of Cr_2O_3 by Cr_3C_2 carbide at a temperature of 1473K. Raising the temperature to 1573K significantly speeds up the process, and the introduction of iron increases the speed by ~ 1.3 times. The idea of the mechanism of the effect of iron on the reduction of chromium oxide by its higher carbide has been developed.

The introduction of iron in the form of a magnetite concentrate accelerates the recovery of chromium and increases the depth of development of the process with a constant carbon content in the samples under study. At the same time, conditions are created for some decarburization of the obtained solid product, whereby pre-loading of the charge can significantly increase the speed characteristics of the process.

Key words: oxide of chrome, ligature, reduction, iron, kinetics, mechanism of process, carbide.

Єфімова В.Г.

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

Пилипенко Т.М.

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

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ УМОВИ ВИДАЛЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ІЗ РОЗПЛАВУ СТАЛІ ПРИ ЇЇ БЕЗПЕРЕРВНОМУ РОЗЛИВАННІ

Перехід неметалевих включень на межу поділу фаз метал-шлак у проміжному ковші відбувається за рахунок поверхневих явищ у системі метал-шлак-неметалеві включення. Це обумовлює визначення основних термодинамічних характеристик фізико-хімічних процесів, що перебігають у проміжному ковші.

Одною з головних вимог, що висувається до якості безперервнолитого металу є низький вміст неметалевих включень у готовому продукті та рівномірний їх розподіл по перетину сталеві заготовки. У статті розглянуто основні фізико-хімічні умови видалення неметалевих включень з розплаву сталі у проміжному ківші при продуванні його інертним газом крізь багатоканальні фурми великої довжини. Відомо, що найкращі умови ефективного видалення неметалевих включень створюються при продуванні рідкого металу інертним газом.

У роботі розглянуто теоретичні, лабораторні та промислові дослідження ефективності видалення неметалевих включень з металу, що безперервно рухається у ванні проміжного ковша. Це дозволило визначити раціональні значення інтенсивності продування рідкого металу, що забезпечує оптимальний розмір газових пухирів та витрати інертного газу.

У якості методів дослідження було використано термодинамічний аналіз двох фаз, що не змішуються (метал-шлак), у процесі видалення неметалевих включень за рахунок прикріплення їх до газових пухирів. Для підтвердження теоретичних розрахунків авторами було проведено фізичне моделювання гідродинамічних процесів, що відбуваються у проміжному ковші в процесі розливання рідкого металу. Дані теоретичних досліджень та фізичного моделювання підтверджено промисловими випробуваннями.

У результаті проведених досліджень було встановлено, що продування рідкого металу інертним газом забезпечує видалення як дрібних включень, розміром 10-20 мкм, так і включень, що мають розмір більш 50 мкм. Найбільший ефект рафінування може бути досягнутий за рахунок застосування багатоканальної продувної фурми великої довжини, яка може забезпечити продування всього об'єму роздавальної камери проміжного ковша.

Показано, що найбільш ефективні умови рафінування металу при продуванні аргоном спостерігаються при створенні пухиркового режиму продування. Промислові випробування підтвердили дані теоретичних розрахунків та гідродинамічного моделювання.

Ключові слова: проміжний ківш, безперервне розливання, неметалеві включення, шлак, продувальна фурма, поверхневі явища.

Постановка проблеми. Відомо, що одним із найважливіших показників якості сталі є її забруднення неметалевими включеннями різного розміру та складу. Ця неметалева фаза утворюється у процесах позапічної обробки та безперервному розливанні сталі та безпосередньо пов'язано з поведінкою кисню, що знаходиться у металі, шлаку та футеровці сталеплавильних пристроїв, а також у процесах вимушеного перемішування та технологічних переливаннях металу [1, 2]. Літературні джерела свідчать, що ефективно видалення неметалевої фази відбу-

вається при продуванні її інертними газами [3]. Отже дослідження фізико-хімічних процесів, що відбуваються в процесі продування рідкого металу інертним газом є важливим етапом у процесі отримання якісної сталеві продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досліджень, які присвячені отриманню якісної безпервнолитої заготовки свідчить, що у проміжному ковші необхідно додатково встановлювати пороги та перегородки різної конструкції, з метою створення раціонального руху металу [4, 5]. Положення перегородок та порогів

обирається індивідуально для кожної конструкції проміжного ковша та залежить від цілого ряду факторів, що оптимізують цей процес [6]. Для більш глибокого рафінування сталі від неметалевих включень додатково застосовується продування металу інертним газом, через пристрої, що встановлюються на дні проміжного ковша.

Слід зауважити, що перехід неметалевої фази на межу поділу метал-шлак у проміжному ковші визначається поверхневими явищами, що мають місце у системі розплав сталі – шлак – неметалеve включення. В дослідженнях, що були проведені раніше [4-6] не враховували вплив термодинамічних аспектів видалення неметалевих включень у проміжному ковші, а також вплив цих факторів на гідродинамічну ситуацію, що створюється у ємності проміжного ковша.

Постановка завдання. Метою досліджень було підвищення якості металу, що розливається безперервним методом. Для цього авторами було проведено термодинамічний аналіз процесів, що відбуваються при продуванні рідкого металу інертним газом, моделювання гідродинамічних процесів на прозорій моделі і підтвердження даних наукових досліджень промисловими випробуваннями.

Виклад основного матеріалу дослідження. Видалення неметалевих включень з розплаву сталі при продуванні інертним газом відбувається за рахунок закріплення їх на пухирі на межі поділу фаз метал-газ. Відомо, що час, за який неметалеve включення переходить границю поділу метал – газ становить 10^{-4} – 10^{-6} с. Це означає, що будь-яке зіткнення неметалевої частинки з пухирем аргону, в незалежності від складу та гідродинамічних умов, повинно призводити до закріплення неметалевої фази, значного зниження вмісту неметалевих включень у готовому продукті.

Видалення неметалевої фази з розплаву металу у проміжному ковші відбувається за рахунок флотації суспензії розплав металу – неметалеві включення пухирями, що спливають, та укрупнення їх у струменях, які утворилися. Час τ , за який відбувається укрупнення монодисперсної частинки суспензії розплав металу-неметалеve включення можна визначити як [3]:

$$\tau_{sp.} = \frac{2,44 \cdot 10^{-4}}{n_0 r^3} \cdot Q \sqrt{\frac{R}{1 + \frac{U}{Q}}} \quad (1)$$

де n_0 – кількість частинок неметалевих включень; r – радіус частинок, *мм*; R – радіус пухи-

рів, що спливають, *мм*; Q – витрати газу $\frac{л}{мин}$; U – швидкість руху металу, $\frac{м}{мин}$.

Виходячи з цієї залежності можна зробити висновок, що час, за який укрупнюється частинки неметалевих включень, лінійно зменшується зі зменшенням розміру пухирей та зі зростанням витрат інертного газу. За час інтенсивного продування, який охоплює весь об'єм рідкої ванни встановлюється режим однорідної ізотропної турбулентності, за якої укрупнення дисперсійної фази відбувається швидше. Це означає, що продування металу інертним газом з метою його рафінування необхідно вести у режимі дрібних пухирів, які будуть рівномірно розповсюджуватись по об'єму розплаву.

Стійкість дисперсної системи, якою є розплав сталі, в умовах, коли відбувається процес коагуляції, визначається поведінкою тонких плівок середовища, що розділяє частинки [7]. Якщо прийняти, що агрегація неметалевих включень між собою та їх перехід на поверхню газового пухиря відбувається після зменшення та розриву плівок, то стійкість плівок буде визначатися тиском, що розклинює [8]:

$$P = P^{vac.} - P^{пл.} = P^{пвз.} - P^{пл.} = - \frac{\partial(\sigma^{vac.-пл.} - \sigma^{пвз.-пл.})}{dl}; \quad (2)$$

де $P^{vac.}$, $P^{пл.}$, $P^{пвз.}$ – тиск у фазах неметалеve включення, плівка, газовий пухир, *Па*; $\sigma^{vac.-пл.}$; $\sigma^{пвз.-пл.}$ – поверхневий натяг на межі поділу фаз частинка – плівка, пухир – плівка, $\frac{Дж}{м^2}$; l – товщина плівки, що розділяє, *м*. За даними [7] можливість процесу виходу частинки неметалевого включення на міжфазну границю поділу фаз визначається наближеним критерієм Z :

$$Z = 0,5\sigma^{\rho-m} + P \cdot l, \quad (3)$$

де $\sigma^{\rho-m}$ – поверхневий натяг на межі поділу фаз газ-метал, $\frac{Дж}{м^2}$.

Виходячи з цих залежностей можна зробити висновок, що можливість укрупнення включень, агрегації їх з газовими пухирями та перехід у шлакову фазу визначається кінетикою розриву плівки металу.

Вірогідність прикріплення пухиря до частини неметалевої фази $P_{np.}$ зростає за умов зменшення розмірів пухиря та зростання розміру частинок та описується рівнянням Навье – Стокса [7]:

$$P_{np.} = \frac{2u_n D}{9(u_q + u_n) Y} \left(\frac{d_u}{d_n} \right) \left[\sqrt{(X + C)^2 + 3Y^2} + 2(X + C) \right]^2 \quad (4)$$

де d_u и d_n – діаметр частини та бульбашки, м; u_n – швидкість спливання бульбашки, м/с; X, Y, C, D – параметри, що не мають одиниць виміру, які визначаються з наступних співвідношень:

$$X = \frac{3}{2} + \frac{9 \text{ Re}}{32 + 9,888 \text{ Re}^{0,694}}; Y = \frac{3 \text{ Re}}{8 + 1,736 \text{ Re}^{0,694}};$$

$$C = \frac{u_c}{u_n} \left(\frac{d_n}{d_u} \right)^2; D = \frac{\sqrt{(X+C)^2 + 3Y^2} - (X+C)}{3Y}.$$

Рішення рівняння (4) підтвердило, що вірогідність зіткнення збільшується при зменшенні розміру бульбашки аргону та зростання розміру частинок неметалевої фази. Ефективність видалення неметалевих включень ε може бути визначена з наступного виразу:

$$\varepsilon = (1 - e^{-K\tau}) \cdot 100 \quad (5)$$

де τ – час перебування рідкої сталі у проміжному ковші при продуванні аргонном; K – константа, що визначається за формулою:

$$K = \frac{3U_c P_{np} T_c}{2d_n T_0} \quad (6)$$

де U_c – швидкість подавання інертного газу до одиниці площі $\frac{M^3}{c \cdot M^2}$; T_c и T_0 – відповідно температура сталі та температура газу у газорідному потоці, К; d_n – діаметр бульбашки, м.

Результати розрахунків, що були проведені за рівнянням (5) для неметалевих частинок діаметром 20–40 мкм, показали, що висока ефективність видалення неметалевих включень спостерігається у випадку, коли діаметр бульбашки лежить в діапазоні 1–3 мм, а час перебування металу у проміжному ковші становить 240–720 с. З урахуванням умов, що отвори, з яких виходить газ, не змочуються металом та мають визначений розмір, діаметр бульбашки можна визначити як [7]:

$$d_n = \left[\frac{3\sigma_p d_{n,0}}{\rho_p g} N'_C + \left(\frac{9\sigma^2 d_{n,0}^2}{\rho_p^2 g^2} N'_C + \frac{10Q^2 d_{n,0}}{g} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}, \quad (7)$$

де $d_{n,0}$ – зовнішній діаметр каналу, з якого виділяється газ, м; g – прискорення сили тяжіння $\frac{M}{c}$; δ_p и ρ_p – відповідний поверхневий натяг, $\frac{Дж}{M^2}$ та густина розплаву сталі, $\frac{Кг}{M^3}$;

$$N'_C = \frac{4\rho_p g}{\pi d_{n,0}}$$

– константа, що залежить від загального об'єму системи, що підводить газ; Q – витрати газу, $\frac{л}{хв}$.

Розрахунки, що проведені за рівнянням (7), також показали, що діаметр бульбашки газу для продування металу інертним газом повинен бути в межах 1–3 мм.

Для оцінки ефективності видалення неметалевих включень залежно від режимів продування ванни рідкого металу у проміжному ковші було проведено дослідження розповсюдження потоків металу у проміжному ковші на фізичній моделі.

Проведення досліджень по видаленню неметалевих включень з розплаву сталі у проміжному ковші було здійснено на фізичній моделі (рис. 1). Модель було виконано з прозорого матеріалу у масштабі 1:4. В якості базових критеріїв подібності були прийняті критерій Фруда та критерій Рейнольдса.

У якості рідини, що імітувала розплав сталі, застосовували воду, для імітації шлаку на поверхню металу наводили шар силіконової олії. Це дозволяло вивчати процес виходу бульбашок газу, що вдувається на поверхню рідкої ванни. Візуалізацію потоків проводили за рахунок забарвлення кольоровими чорнилами локальних об'ємів води, яка поступає у модельний пристрій. Рух конвективних потоків рідини у проміжному ковші фіксували за допомогою цифрової відеокамери.

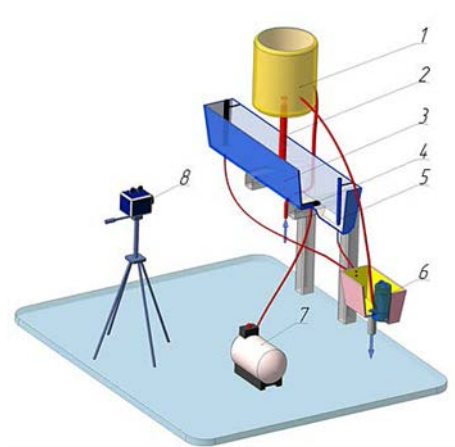


Рис. 1. Схема модельного стенда проміжного ковша: 1 – ємність, що імітує розливальний ківш; 2 – захисна труба; 3 – проміжний ківш; 4 – продувальний пристрій; 5 – стопор; 6 – ємність для збору води, що витікає з проміжного ковша; 7 – компресор; 8 – цифрова відеокамера

Для кількісної оцінки видалення неметалевих включень у проміжному ковші у захисну трубу вводили спеціальну суміш гідрофобних частинок, масою 200 грамів. У ході експерименту оцінювали траєкторію руху частинок у рідкій ванні проміжного ковша, а також оцінювали долю частинок, що були асимільовані шлаком. Для цього, рідину, що витікає з проміжного ковша збирали у ємність та

відстоювали на протязі двох-трьох годин для того, щоб речовина, яка імітує неметалеві включення, повністю сплила на поверхню. Після цього імітатор збирали та зважували. Кожний експеримент проводили три рази. Ефективність відділення неметалевих включень визначали за формулою:

$$E = \frac{M - m}{M} \cdot 100(\%) \quad (8)$$

де M – маса гідрофобних частинок на початок експерименту, г; m – маса гідрофобних частинок на кінець експерименту, г.

Для вдування повітря у рідку ванну проміжного ковша застосовували продувальні пристрої, що встановлювалися на дні розливальної ємності. Вони забезпечували утворення дрібних пухирів. При цьому важливим фактором, що забезпечував інтенсивність вдування газу, була поведінка шлаку, що знаходився на поверхні металу. Тому в процесі фізичного моделювання контролювали поведінку шлаку та фіксували ситуації, що призводили до його розриву та оголенню поверхні рідини.

Результати моделювання наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Оцінка ефективності видалення неметалевих включень з проміжного ковша при продуванні його інертним газом на фізичній моделі

№ п/п	Обладнання проміжного ковша	Витрати газу, л/хв	Резидентний час, с	Ефективність видалення, %
1	Без продування інертним газом	-	35	20-25
2	Продування інертним газом	6-9	74	45-60
3	Продування інертним газом	10-12	115	92-94
4	Продування інертним газом	13-16	140	65-75

Результати досліджень свідчать, що загальна ефективність видалення неметалевих включень на фізичній моделі для даної конструкції проміжного ковша становить 45–94% залежно від витрат газу, що вдується. Результати свідчать, що максимальний ефект спливання та видалення неметалевих включень спостерігається при витратах газу у межах 10–12 л/хв. При таких витратах поверхня води у проміжному ковші не оголюється від масла.

Порівняльний аналіз ефективності видалення неметалевих включень з розплаву сталі у про-

цесі її продування інертним газом був здійснений у промислових умовах конвертерного цеху ОАО МК «Азовсталь» на 60-тонному проміжному ковші. Вибір схем розташування продувальних пристроїв був здійснений у відповідності результатів фізичного моделювання. Продувальний пристрій встановлювався у дні проміжного ковша. Його довжина становила 1000 мм, поперечний перетин (70x80) мм, та була обладнана 30 каналами, що виділяли газ, діаметр окремого каналу становив 1,5–2 мм. Продування проводили при витратах газу 10–12 л/хв.

Оцінку ефективності продування металу інертним газом проводили шляхом порівняння ступеня забруднення металу неметалевими включеннями. Вміст неметалевих включень з проб розплаву, які відбирали з кристалізаторів, визначали металографічним методом Л на мікроскопі «Неофот – 2».

Таблиця 2

Забруднення металу за типом неметалевих включень сталі марки К – 60

Тип включень		2 – й рівень якості металу у відповідності до ТТ 232-60-2005: СНД ср.б. ≤ 2,5; макс. б. ≤ 4		
			Порівняльний метал	Опитний метал
Сульфіди		ср. б.	0,23	0,13
		макс. б.	0,36	0,33
оксиди	ОС	ср.б.	0	0
		макс. б.	0	0
	ОГ	ср. б.	0	0
		макс.б.	0	0
Силікати	СХ	ср.б.	2,18	1,25
		макс. б.	3,08	1,56
	СП	ср. б.	0	0
		макс. б.	0	0
	СНД	ср. б.	3,37	2,38
		макс. б.	3,82	3,08

Результати досліджень показали, що застосування продувки металу інертним газом призводить до зниження неметалевих включень в середньому на 30–40%.

Висновки. У результаті проведеної роботи теоретичні розрахунки показали, що діаметр пузиря інертного газу при його продуванні повинен бути у межах 1–3 мм. Дані фізичного моделювання свідчать, що витрати інертного газу при продуванні металу у проміжному ковші повинні бути в межах 10–12 л/хв, оскільки за низьких витратах, знижується ефект рафінування, а за високих – спостерігається розрив шару масла,

що імітує шлак та в промислових умовах призведе до додаткового забруднення металу неметалевими включеннями. Промислові випробування підтвердили дані теоретичних досліджень

та фізичного моделювання і показали, що при продуванні рідкого металу інертним газом спостерігається зниження вмісту неметалевих включень на 30–40%.

Список літератури:

1. Gushchin V.N. Improved tundish refining of steel in continuous-casting machines. Steel in Translation. 2017. №5. P. 320–324.
2. Yang G. Influence of Reoxidation in Tundish on Inclusion for Ca-Treated Al-Killed Steel. Steel research international. 2013. №5. P.784–792.
3. Holappa L.E. Role of slags in steel refining: Is it really understood and fully exploited. Revue de Métallurgie. 2009. № 1. P. 9–20.
4. Janiszewski K. Refining of Liquid Steel in a Tundish Using the Method of Filtration During its Casting in the CC Machine Metalurgija. 2013. № 1. P. 71–74.
5. Mabentsela A. Numerical and physical modelling of tundish slag entrainment in the steelmaking process Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy 2017. № 5. P. 469–483.
6. Минаев Ю.А., Яковлев В.В. Физико-химия в металлургии. Москва, 2001. 320 с.
7. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муляр В.М. Поверхностные силы. Москва, 1986. 398 с.

Yefimova V.G., Pilipenko T.M. PHYSICO-CHEMICAL CONDITIONS FOR THE REMOVAL OF NON-METALLIC INCLUSIONS FROM THE MELT IN THE TUNDISH

This paper reviews theoretical, laboratory, and industrial studies of the removal efficiency of non-metallic inclusions from metal moving in an intermediate bucket bath. This allowed us to determine the rational values of the purge intensity of the liquid metal, which ensures the optimal size of gas bubbles.

The transition of non-metallic inclusions to the interface of the phase separation of metal-slag in the intermediate ladle occurs due to the interphase phenomena in the system metal-slag-inclusion. This determines the basic thermodynamic characteristics of the physico-chemical processes flowing in the intermediate ladle. It is known that steel melt is a heterogeneous system where the dispersion medium is a metal melt and the dispersion phase is non-metallic inclusions. This means that the basic laws of thermodynamics can be applied to such a system. The transition of non-metallic inclusions of the metal-slag phase boundary in the intermediate ladle is determined by surface phenomena in the melt-slag-non-metallic inclusion system.

One of the main requirements for the quality of continuous cast metal is the low content of non-metallic inclusions in the finished product and their uniform distribution along the cross section of the steel billet. The article deals with the basic physicochemical conditions of removal of nonmetallic inclusions in the melt of steel in the intermediate ladle when blowing it with inert gas through multichannel tufts of long length. It is known that the best conditions for effective removal of non-metallic inclusions are created by blowing the liquid metal with inert gas. This paper reviews theoretical, laboratory, and industrial studies of the removal efficiency of non-metallic inclusions from metal moving in an intermediate bucket bath. This allowed us to determine the rational values of the purge intensity of the liquid metal, which ensures the optimal size of gas bubbles.

Thermodynamic analysis of two immiscible phases (metal-slag) was used as the research methods in the process of removing non-metallic inclusions by attaching them to gas bubbles. In order to confirm the theoretical calculations, a physical simulation of the hydrodynamic processes occurring in the intermediate ladle during the pouring of liquid metal was carried out. To confirm theoretical studies and physical modeling, industrial tests were conducted to determine the content of non-metallic inclusions in metal by known metallographic methods.

As a result of the studies, it was found that the purging of the liquid metal with inert gas allows the removal of both small inclusions of 10-20 microns in size and inclusions of more than 50 microns in size. The greatest effect of refining can be achieved by the use of multi-channel purlins of long length, which can ensure the purging of the entire volume of the dispensing chamber of the intermediate bucket. It is shown that the most effective conditions of metal refining when blowing with argon are observed when creating a bubble blowing mode.

Key words: *intermediate ladle, continuous casting, non-metallic inclusions, slag, blow-out tuft, interphase phenomena.*

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.35

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/07>**Бухінік О.О.**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Пилипенко О.І.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗОЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОКСИДНИХ ПЛІВОК, ОДЕРЖАНИХ НА СПЛАВІ Ti6Al4V У ЦИТРАТНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ, МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ МІДІ

Представлені результати дослідження особливостей формування тонких оксидних плівок на сплаві Ti6Al4V у розчинах цитратної кислоти. Показано, що характер формувальних залежностей, одержаних на зразках сплаву, обумовлюється анодною густиною струму. За густин струму, менших ніж $0,5 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$, суцільна оксидна плівка на поверхні сплаву не утворюється і задане значення кінцевої напруги на комірці не досягається. При підвищенні густини струму до значень, більших за $0,5 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$, формувальні залежності мають лінійний характер, що свідчить про утворення малопористих оксидних плівок. Швидкість формування оксидної плівки в цих умовах пропорційна величині густини струму. Результатом електрохімічного окислення сплаву Ti6Al4V в розчинах цитратної кислоти є утворення інтерференційно-забарвлених оксидних плівок. Гранична товщина і колір оксидної плівки визначаються заданою напругою і не залежать від густини струму і концентрації електроліту. Ізолюючі властивості отриманих плівок досліджено шляхом катодного поляризації окисдованих зразків у сульфатному електроліті міднення.

Проведені дослідження дозволили встановити, що електрохімічне осадження міді є зручним інструментом для виявлення дефектних ділянок оксидних плівок. Показано, що внаслідок особливостей кінетики відновлення іонів Cu^{2+} на окисдованій поверхні титану для дослідження ізолюючих властивостей плівок доцільно використовувати початкові ділянки поляризаційних залежностей, які відповідають $\Delta E = 0,2-0,25 \text{ В}$. Результати поляризаційних вимірювань дозволили встановити, що очевидних залежностей між густиною струму окисдування, концентрацією електроліту, кінцевим значенням напруги на комірці і поляризацією при відновленні іонів Cu^{2+} не існує. Анодне включення зразків із мідним покриттям обумовлює оборотне розчинення більшості місць утворення осаду міді, що, ймовірно, вказує на електронну провідність дефектів плівки. Отримані результати дозволяють проводити зміну параметрів електролізу в широкому діапазоні без значного впливу режиму обробки сплаву на ізолюючі властивості плівок.

Ключові слова: анодна поляризація, оксидна плівка, електрохімічне осадження, поляризаційна залежність, діоксид титану.

Постановка проблеми. Титан і титанові сплави використовуються для виготовлення деталей, що поєднують високу питому міцність із низькою вагою і високою хімічною стійкістю. Одним із поширених застосувань титанових сплавів є виготовлення медичних імплантатів з високими механічними властивостями [1]. Недоліком титанових сплавів є, як правило, нижча порівняно з чистим титаном, корозійна стійкість. небезпека корозії імплантатів полягає у

можливості поверхневого руйнування виробу, яке супроводжується викришуванням частинок металу, що може викликати протікання запальних процесів в тканинах. Для підвищення корозійної стійкості поверхню титанових матеріалів модифікують шляхом формування керамічних, фосфатних або оксидних покриттів. Останній метод найбільш поширений, оскільки дозволяє отримувати плівки заданої товщини на виробі будь-якої конфігурації [2, 3]. Властивості

оксидних плівок цікаві з точки зору електрохімічної активності титанових імплантатів для прогнозування їх корозійної стійкості у фізіологічному середовищі організму. Відомо, що окрім складу, захисні властивості оксидних плівок визначаються їх пористістю і товщиною. Товщина плівки, одержаної електрохімічним оксидуванням, визначається величиною напруги; пористість визначається типом електроліту, режимом електролізу і складом сплаву. У випадку тонких оксидних плівок головною причиною, яка викликає корозію, є дефекти, що порушують суцільність оксиду, оскільки корозія титанових матеріалів з ідеальним покриттям повинна бути мінімальна внаслідок високого омичного опору TiO_2 .

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження захисних властивостей оксидних плівок на титані є темою досить великої кількості робіт. Наприклад, захисні властивості анодних оксидних плівок, отриманих в сульфатному електроліті, досліджені у [4]. Показано, що оксидування у потенціостатичному режимі забезпечує підвищення корозійної стійкості титану TA2. Підвищення напруги оксидування покращує захисні властивості оксиду. Електрохімічна поведінка сплавів $Ti6Al4V$, $Ti6Al7Nb$ і $Ti13Nb13Zr$ досліджена у [5] для оцінки їх корозійної стійкості у фізіологічному розчині. Полярizaційні вимірювання показали, що досліджені матеріали характеризуються низькими густиною струму корозії, що вказує на пасивний стан досліджених зразків. У дослідженні [6] визначений вплив оксидних плівок на корозійну поведінку сплаву $Ti3Mo$.

Показано, що анодування приводить до формування напівпровідникових плівок, які характеризуються електрохімічною стабільністю у середовищі організму. Електрохімічна поведінка сплаву $Ti6Al4V$ у фізіологічному розчині досліджена у роботі [7]. Отримані значення струму корозії мають знижені значення порівняно з магнієвим сплавом AZ91D, що вказує на типову пасивну поведінку титану. У [8] корозійну поведінку сплаву $Ti15Mo$ у хлоридних розчинах із різними концентраціями іонів F^- досліджували методами потенціодинамічних кривих, імпедансу і хроноамперометрії.

Результати дослідження показали сильну залежність корозійної стійкості сплаву від концентрації фторид-іонів у електроліті. Корозія титанового сплаву $Ti24Nb4Zr8Sn$ у 0,9 % розчині $NaCl$ досліджена в [9]. Корозійну поведінку досліджували методом потенціодинамічних кривих. Пока-

зано, що структура захисної плівки залежить від режиму обробки металу. Анодні оксидні плівки, отримані на чистому титані у розчинах, які містили 1 М сульфатної і фосфатної кислот, досліджені у [10]. Показано, що збільшення напруги формування обумовлює підвищення корозійної стійкості оксидних плівок. Плівки, отримані у фосфатній кислоті, більш стійкі, ніж отримані у сульфатній, внаслідок меншої агресивності електроліту. У роботі [11] досліджена корозійна стійкість у фізіологічному розчині анодованих у ацетатному електроліті титану, нітінолу і сплаву $Ti6Al7Nb$. Встановлено, що утворення TiO_2 на поверхні зразків приводить до значного збільшення поляризаційного опору і зменшення густини струму корозії. Корозійна поведінка сплавів $Ni-Ti$ і $Ti-Nb-Sn$ у хлоридних розчинах методами потенціометрії і електрохімічного імпедансу досліджена у [12]. Значення потенціалів корозії вказують на те, що сплави $Ni-Ti$ і $Ti-Nb-Sn$ схильні до самостійної пасивації внаслідок утворення оксидної плівки. Електрохімічний імпеданс всіх зразків має високе значення і збільшується при експозиції, що вказує на покращення захисних властивостей оксидної плівки. Вплив бромід-іонів на пасивний стан анодованого титану розглянутий у роботі [13].

Показано, що іони бромиду обумовлюють появу точкових пробітів оксидних плівок, що можна використовувати для отримання покриттів з упорядкованою структурою. Корозійні властивості титану зі змішаним покриттям з бору і металу досліджені з використанням спектрів електрохімічного імпедансу [14]. Анодна поляризація протягом приблизно 240 годин привела до більш високих значень ємності та реакційного опору для зразків з титанових матеріалів зі змішаним покриттям.

У дослідженні [15] вивчено вплив тривалості анодування на властивості оксиду, сформованого на сплаві $Ti6Al2Zr1Mo1V$. Встановлено, що формування оксидного шару проходить через стадії утворення компактного внутрішнього шару і зовнішнього пористого шару. У роботі [16] досліджено вплив товщини шару на корозійну стійкість сплаву $Ti6Al4V$. Досліджувалися поведінка зразків при поляризації і потенціали корозії.

Встановлено, що анодування сплаву $Ti6Al4V$ приводить до покращення корозійних характеристик, причому зростання напруги формування погіршує корозійні властивості плівок. Пористі оксидні плівки, отримані при електрохімічному анодуванні у фторидному електроліті, досліджені у [17]. Корозія і схильність до пітінгоутворення

зменшуються при анодуванні сплаву. У дослідженні [18] анодування в лужному електроліті використане для отримання діелектричних плівок на чистому титані.

Постановка завдання. Мета роботи – дослідження впливу режиму електролізу на ізолюючі властивості оксидних плівок, отриманих на сплаві Ti6Al4V у цитратних електролітах.

Виклад основного матеріалу дослідження.
Методика. Оксидування зразків сплаву проводили у гальваностатичному режимі, використовуючи джерело живлення Б5-50. Кінцеву напругу на комірці змінювали в діапазоні 10–100 В з кроком 10 В. Її значення в процесі електролізу вимірювали мультиметром Keithley-2000. Зразки сплаву шліфували, знежирювали, травили у суміші HNO_3 і HF (3:1). В якості комірки використовували стакан об'ємом 250 мл з допоміжним свинцевим електродом. Електрохімічне осадження міді виконували шляхом катодного включення оксидованих зразків у електроліті складу, $\text{г} \cdot \text{дм}^{-3}$: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 150, H_2SO_4 – 50. Поляризаційні залежності отримували за швидкості розгортки потенціалу $v_p = 10 \text{ мВ} \cdot \text{с}^{-1}$, використовуючи потенціостат ПИ 50-1. Електродом порівняння служив насичений хлоридсрібний електрод ЭВЛ-1М1. Потенціали на рисунках наведені в шкалі цього електрода.

Результати досліджень. Електроліти на основі карбонових кислот використовуються для отримання інтерференційно-забарвлених оксидних плівок [3]. При формуванні оксидних плівок у цитратних розчинах, які мають слабку травильну дію по відношенню до TiO_2 , слід очікувати лінійного росту напруги на комірці при гальваностатичному режимі оксидування. Дійсно, залежності, одержані на зразках сплаву, дозволяють зробити висновок щодо визначального впливу густини струму на динаміку утворення оксиду. Лінійність залежностей спостерігається в діапазоні $j_a = 0,5\text{--}5 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$. За більш низьких густин струму задана величина напруги не досягається, що пояснюється неповним заповненням поверхні зразків оксидним шаром. Характер формувальних залежностей, одержаних за цих умов, дозволяє зробити висновок щодо утворення плівок з незначною кількістю пор.

Часовий проміжок τ , необхідний для досягнення плівки граничної товщини при оксидуванні у гальваностатичному режимі, залежить тільки від кінцевого значення U (рис. 1). Це пояснюється тим, що оксидування відбувається лише за умови наявності певного градієнта потенціалу у плівці.

Очевидно, що у гальваностатичному режимі збільшення заданої формуючої U сприяє утворенню плівок більшої товщини внаслідок збільшення кількості електрики, яка проходить через ланцюг з коміркою.

Дослідження ізолюючих властивостей одержаних оксидних плівок проводили методом декоруння, суть якого полягала у катодному включенні оксидованих зразків в електроліті, який містить іони, що можуть утворювати осад металу при відновленні на дефектних місцях плівки.

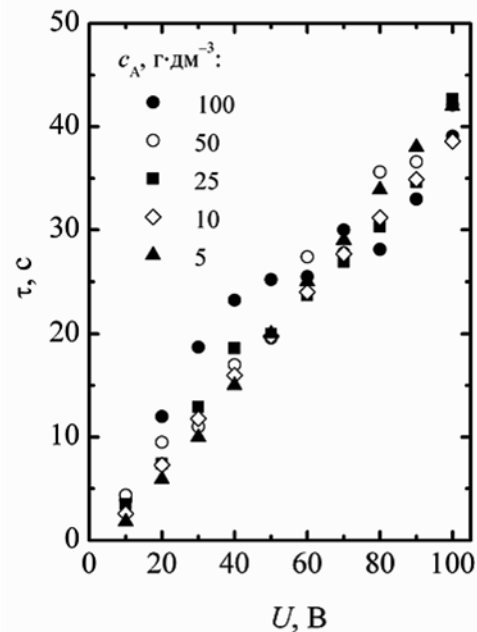


Рис. 1. Залежності тривалості формування оксидної плівки максимальної товщини, отримані при електрохімічному окисленні сплаву Ti6Al4V у гальваностатичному режимі за $j_a = 2 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$ у цитратних електролітах

Характерними залежностями, які дозволяють оцінити дефектність плівок, є поляризаційні залежності, одержані на оксидованих зразках. Одержані у сульфатному електроліті поляризаційні залежності наведені на рис. 2 і 3. Зміщення потенціалу всіх досліджених зразків у область негативних значень приводить до росту струму, який відповідає процесу відновлення іонів міді на дефектних місцях оксидної плівки. Зміна концентрації цитратної кислоти (рис. 2, а) і густини струму анодування (рис. 2, б) практично не впливає на ізолюючі властивості плівки. На це вказує незначна різниця густин струму на зразках, оксидованих в умовах зміни j_a і c_A . Така ж ситуація спостерігається і при дослідженні зразків, оксидованих в умовах зміни кінцевої напруги на комірці (рис. 3).

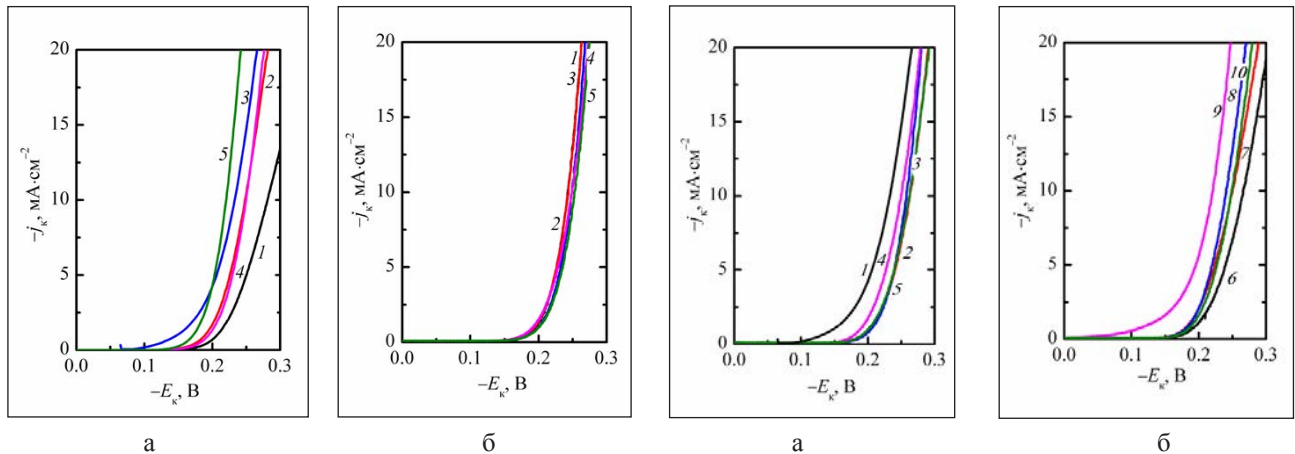


Рис. 2. Поляризаційні криві у сульфатному електроліті: *a* – режим окислення: $j_a = 2 \text{ A} \cdot \text{дм}^{-2}$, $U = 40 \text{ В}$ при $c_A, \text{ г} \cdot \text{дм}^{-3}$: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 25; 4 – 50; 5 – 100; *б* – режим окислення: $c_A = 50 \text{ г} \cdot \text{дм}^{-3}$, $U = 40 \text{ В}$ при $j_a, \text{ A} \cdot \text{дм}^{-2}$: 1 – 0,5; 2 – 1,0; 3 – 1,5; 4 – 2,0; 5 – 5,0

Рис. 3. Поляризаційні криві у сульфатному електроліті: *a* – режим окислення: $j_a = 2 \text{ A} \cdot \text{дм}^{-2}$, $c_A = 50 \text{ г} \cdot \text{дм}^{-3}$ при $U, \text{ В}$: 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 50; *б* – режим окислення: $j_a = 2 \text{ A} \cdot \text{дм}^{-2}$, $c_A = 50 \text{ г} \cdot \text{дм}^{-3}$ при $U, \text{ В}$: 6 – 60; 7 – 70; 8 – 80; 9 – 90; 10 – 100

Ідеальна оксидна плівка без ефектів, яка складається з TiO_2 , повинна мати високі ізолюючі властивості внаслідок великого омичного опору діоксиду титану, що обумовлюється великим значенням питомого опору ($\rho = 10^{13} \text{ Ом} \cdot \text{м}$). Опір оксидних плівок набагато менший, оскільки вони містять компоненти електроліту і мають дефекти, обумовлені сторонніми включеннями, механічними напруженнями, що приводить до появи тріщин в оксиді, нестехіометричним складом [19] або наявністю іонів-активаторів [20–22].

Результати поляризаційних вимірювань показують, що ізолюючі властивості оксидних плівок у всіх випадках майже однакові. На це вказує значення поляризації процесу катодного відновлення іонів міді. Залежності, наведені на рис. 2, отримані на зразках, окисдованих у гальваностатичному режимі з кінцевим значенням напруги 40 В. Очевидно, що в такому випадку ізолюючі властивості плівок визначаються їх товщиною, яка для всіх випадків, наведених на рисунку, є приблизно однаковою. Зміна концентрації електроліту або густини струму окисдування у даному випадку має другорядне значення.

Більш складно пояснити криві, наведені на рис. 3. Зростання величини кінцевої напруги, яке

досягається при електролізі у гальваностатичному режимі, повинне приводити до формування більш товстих плівок. Розрахунок, заснований на використанні закону Фарадея, в припущенні, що оксидна плівка складається з TiO_2 , вказує, що при $U = 10 \text{ В}$ її товщина становить біля 0,016 мкм, а при $U = 100 \text{ В}$ – 0,212 мкм. Очевидно, в даному випадку визначальне значення має не товщина плівки, а особливості її структури, що вимагає проведення подальших досліджень у даному напрямку.

Висновки. Досліджені ізолюючі властивості плівок, отриманих на сплаві Ti6Al4V у цитратних електролітах. Катодна поляризація зразків у сульфатному електроліті приводить до відновлення іонів Cu^{2+} з утворенням осаду на поверхні оксидної плівки у вигляді окремих точок. Показано, що зміна режиму окисдування (концентрації електроліту, густини струму, кінцевої напруги на комірці), має незначний вплив на поляризацію процесу відновлення іонів міді в діапазоні $\Delta E = 0,20 - 0,25 \text{ В}$. Очевидної залежності між режимом отримання оксидної плівки і значенням поляризації не виявлено. Зміщення потенціалу окисдованих зразків в область значень, більш негативних за 0,2 – 0,25 В, обумовлює швидке збільшення площі осаду міді і некоректність результатів вимірювань.

Список літератури:

1. Adya N., Alam M., Ravindranath T., Mubeen A., Saluja B. Corrosion in titanium dental implants: literature review. *J. Indian Prosthodont. Soc.* 2005. Vol. 5. P. 126–131.
2. Pilipenko A., Pancheva H., Deineka V., Vorozhbiyan R., Chyrkina M. Formation of oxide films on VT6 alloy in the conditions of anodical polarization in solutions H_2SO_4 . *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2018. Vol. 3. P. 33–38.
3. Ivashchenko M., Smirnova O., Kyselova S., Avina S., Sincheskul A., Pilipenko A. Establishing the patterns in the formation of films on the alloy Ti6Al4V in carbonic acid solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2018. Vol. 5. P. 21–26.

4. Yang G., Ma D., Liu L., Rong J., Yu X. Electrochemical behavior analyses of anodic oxide film obtained on TA2 pure titanium in sulfuric acid electrolyte. *Chem. Eng. Trans.* 2017. Vol. 59. P. 157–162.
5. Assisa S. L., Wolyneec S., Costa I. Corrosion characterization of titanium alloys by electrochemical techniques. *Electrochimica Acta.* 2006. Vol. 51. P. 1815–1819.
6. Bouchemel H., Benchettara A. Corrosion behavior of a new Ti–3Mo alloy in simulated body fluid for biomedical applications. *Arab. J. Sci. Eng.* 2014. Vol. 39. P. 139–146.
7. Fekry A.M., El-Sherif R.M. Electrochemical corrosion behavior of magnesium and titanium alloys in simulated body fluid. *Electrochimica Acta.* 2009. Vol. 54. P. 7280–7285.
8. Kumar S., Narayanan T.S.N.S. Corrosion behaviour of Ti–15Mo alloy for dental implant applications. *J. Dentistry.* 2008. Vol. 36. P. 500–507.
9. Li J., Li S. J., Hao Y. L., Huang H. H., Bai Y., Hao Y. Q., Guo Z., Xue J. Q., Yang R. Electrochemical and surface analyses of nanostructured Ti–24Nb–4Zr–8Sn alloys in simulated body solution. *Acta Biomater.* 2014. Vol. 10. P. 2866–2875.
10. Liu Z., Liu X., Donatus U., Thompson G. E., Skeldon P. Corrosion behaviour of the anodic oxide film on commercially pure titanium in NaCl environment. *Int. J. Electrochem. Sci.* 2014. Vol. 9. P. 3558–3573.
11. Milošev I., Blejan D., Varvara S., Muresan L. M. Effect of anodic oxidation on the corrosion behavior of Ti-based materials in simulated physiological solution. *J. Appl. Electrochem.* 2013. Vol. 43. P. 645–658.
12. Rosalbino F., Macciò D., Scavino G., Saccone A. In vitro corrosion behaviour of Ti–Nb–Sn shape memory alloys in Ringer's physiological solution. *J. Mat. Sci.: Materials in Medicine.* 2012. Vol. 23. P. 865–871.
13. Sazou D., Saltidou K., Pagitsas M. Understanding the effect of bromides on the stability of titanium oxide films based on a point defect model. *Electrochimica Acta.* 2012. Vol. 76. P. 48–61.
14. Wang J. T., Wang W. W., Wang C., Mao Z. Q. Corrosion behavior of three bipolar plate materials in simulated SPE water electrolysis environment. *Int. J. Hydr. Energy.* 2012. Vol. 37. P. 12069–12073.
15. Wu L., Liu J., Yu M., Li S., Liang H., Zhu M. Effect of anodization time on morphology and electrochemical impedance of anodic oxide films on titanium alloy in tartrate solution. *Int. J. Electrochem. Sci.* 2014. Vol. 9. P. 5012–5024.
16. Łepicka M., Grądzka-Dahlke M., Sobolewski A. The effect of anodizing conditions on the corrosion resistance of Ti6Al4V titanium alloy. *Materialprufung.* 2015. Vol. 57. P. 393–397.
17. Singh A., Singh B. P., Wani M. R., Kumar D., Sing J. K., Singh H. Effect of anodization on corrosion behaviour and biocompatibility of Cp-titanium in simulated body fluid. *Bull. Mat. Sci.* 2013. Vol. 36. P. 931–937.
18. Kahar Mr. S. D., Macwan A., Oza Ms. R., Oza V., Shah S. Characterization and corrosion study of titanium anodized film developed in KOH bath. *Int. J. Eng. Res. Appl.* 2013. Vol. 3. P. 441–445.
19. Sincheskul A., Pancheva H., Loboichenko V., Avina S., Khrystych O., Pilipenko A. Design of the modified oxide-nickel electrode with improved electrical characteristics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2017. Vol. 5. P. 23–28.
20. Pilipenko A., Pancheva H., Reznichenko G., Mirgorod O., Miroshnichenko N., Sincheskul A. The study of inhibiting structural material corrosion in water recycling systems by sodium hydroxide. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2017. Vol. 2. P. 21–28.
21. Pancheva H., Reznichenko G., Miroshnichenko N., Sincheskul A., Pilipenko A., Loboichenko V. Study into the influence of concentration of ions of chlorine and temperature of circulated water on the corrosion carbon steel and cast iron. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2017. Vol. 4. P. 59–64.
22. Pilipenko A., Pancheva H., Khrystych O., Smirnova O. Carbon steel (St.3) corrosion caused by the circulating water flow. Promising Materials and Processes in Applied Electrochemistry / V. Z. Barsukov, Yu. V. Borysenko, V. G. Khomenko, O. V. Linyucheva; editor-in-chief V. Z. Barsukov. Kyiv : KNUTD, 2018. P. 143–151.

Bykhinuk O.O., Pilipenko O.I. STUDYING THE INSULATING PROPERTIES OF OXIDE FILMS OBTAINED ON THE Ti6Al4V ALLOY IN CITRATE ACID SOLUTIONS USING THE METHOD OF ELECTROCHEMICAL DECORATION BY COPPER

The investigation data of the formation peculiarities of oxide films on the Ti6Al4V alloy in citrate acid solutions have been given. It is shown that the behavior of alloy forming dependences is conditioned by the anode current density. At $j_a < 0.5 \text{ A}\cdot\text{dm}^{-2}$ the continuous oxide film is not formed on the alloy surface and the preset value of the final voltage on the cell is not reached. With an increase in $j_a > 0.5 \text{ A}\cdot\text{dm}^{-2}$, alloy forming dependences show a linear behavior that is indicative of the formation of low porous films. In these conditions, the oxide film formation rate is in direct proportion to the value of j_a . The electrochemical oxidation of Ti6Al4V alloy in tartaric acid solutions results in the formation of interference-colored oxide films.

The oxide film ultimate thickness and color are defined by the preset voltage and are independent of the current density and electrolyte concentration. The isolating properties of obtained films were studied by way

of the cathode polarization of oxidized specimens in the sulfate copper-plating electrolyte. The research done allows us to make a conclusion that electrochemical copper deposition is a convenient tool for the detection of defective spots in oxide films. It is shown that due to the specific features of the reduction kinetics of Cu^{2+} ions on the oxidized titanium it is reasonable to use for the studies the initial sections of polarization dependences that correspond to $\Delta E = 0.2-0.25$ V.

The alloy polarization dependences allow us to establish unavailability of apparent dependences between the oxidation current density, the electrolyte concentration, the cell final voltage value and the polarization that occurs during the Cu^{2+} ion reduction. The anodic connection of copper-coated specimens conditions the reversible dissolution of a greater portion of the specks of copper deposits. It is indicative of the electron conduction of film defects. The obtained data allow us to vary the electrolysis parameters in a wide range with no significant influence of the treatment mode of Ti6Al4V alloy on the quality of oxide coatings.

Key words: *anode polarization, oxide film, electrochemical deposition, polarization dependence, defect.*

УДК 628.168.3

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/08>**Гомеля М.Д.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Крисенко Т.В.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Степова О.В.**

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ У ВОДОНАФТОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ

У роботі виконані дослідження, направлені на створення композицій – ефективних інгібіторів корозії сталі у нафтовмісних водних середовищах. Враховуючи важливість нафтовидобутку, переробки нафти в економіці країни, екологічні ризики, пов'язані з корозійним руйнуванням обладнання та нафтопроводів, актуальними є дослідження, направлені на створення ефективних засобів захисту металів від корозії в агресивних середовищах, що містять воду, нафтопродукти, карбонові кислоти та мінеральні солі.

У роботі проведена оцінка корозійної активності нафтовмісних високомінералізованих вод, що містять карбонові кислоти при температурах до 80°C. Показано, що корозійна активність водних середовищ відносно нелегваної сталі зростає із підвищенням рівня мінералізації води. При змішуванні мінералізованих вод із нафтою корозійна активність суміші суттєво знижується незалежно від рівня мінералізації води. При цьому швидкість корозії металів у водно-нафтових сумішах зростає із підвищенням температури. В значній мірі зростає швидкість корозії сталі і при підкисленні водно-нафтових сумішей оцтовою кислотою.

Визначена ефективність інгібіторів на основі алкілімідазолінів та алкілпіридинів при захисті металів від корозії. Показано, що інгібітори на основі алкілімідазолінів забезпечують високу ефективність захисту металів від корозії в широкому діапазоні температур при наявності в модельних середовищах карбонових кислот. Ефективність інгібіторів на основі алкілімідазолінів у водно-нафтових сумішах зростає із підвищенням температури від 30 до 80°C та при підвищенні концентрації інгібіторів із 5 до 50 мг/дм³. Особливо добре інгібуючий ефект виражено у водно-нафтових сумішах у присутності карбонових кислот. Алкілпіридини є малоефективними як інгібітори корозії металів в даних умовах.

У цілому, інгібітори на основі алкілімідазолінів перспективні при захисті сталі від корозії як в мінералізованих водах в присутності нафти, так і в середовищі нафти та нафтопродуктів в присутності мінералізованих вод.

Ключові слова: корозія металів, нафта, нафтопродукти, нафтопровід, видобуток нафти, імідазоліни, інгібітори корозії.

Постановка проблеми. Відомо, що шахтні води в процесах нафтовидобутку характеризуються високими концентраціями мінеральних солей, що, в свою чергу, обумовлює їх високу корозійну активність та схильність до утворення відкладень [1, с. 25].

Вміст води в нафті, яка відбирається із свердловин нафтових родовищ, залежить від характеристик родовища, часу його експлуатації [2, с. 153; 3, с. 292]. Часто з нафтових родовищ України добувають трьохфазну суміш, яка містить, воду, нафту і газ [4, с. 191]. Спо-

чатку від суміші відділяють газ, знижуючи тиск від 0,6 МПа до 0,4 – 0,5 МПа. В подальшому водно-нафтова суміш подається на сепаратори для відділення води від нафти. При цьому існує загроза відкладень осадів на поверхні трубопроводів та обладнання. Для боротьби з осадовідкладеннями використовують інгібітори накипоутворення [5, с. 92; 6, с. 83]. Після сепарації газу із сирової нафти, після зневоднення емульсії до 20–30° С нафта подається на установку для інтенсифікації зневоднення. Отримані при цьому потоки високомінералізованих

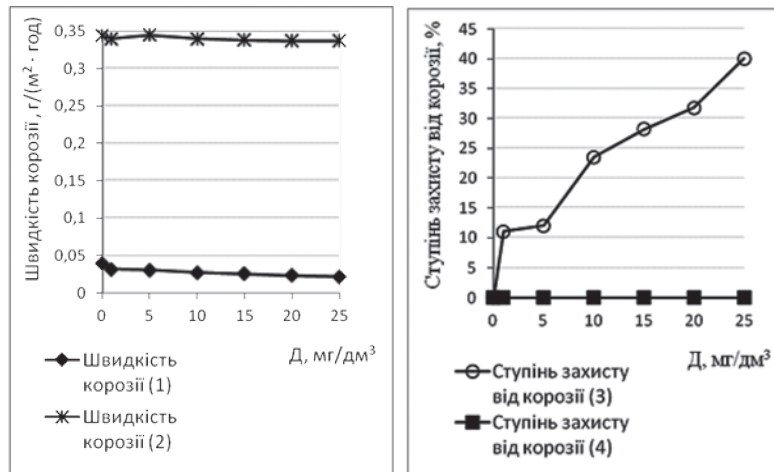


Рис. 1. Залежність швидкості корозії сталі Ст20 (1;2), ступеню захисту від корозії (3; 4) від дози інгібітору “JN-ECO-168” в 3% розчині NaCl при температурі 25° С (1; 3) та 80° С (2; 4)

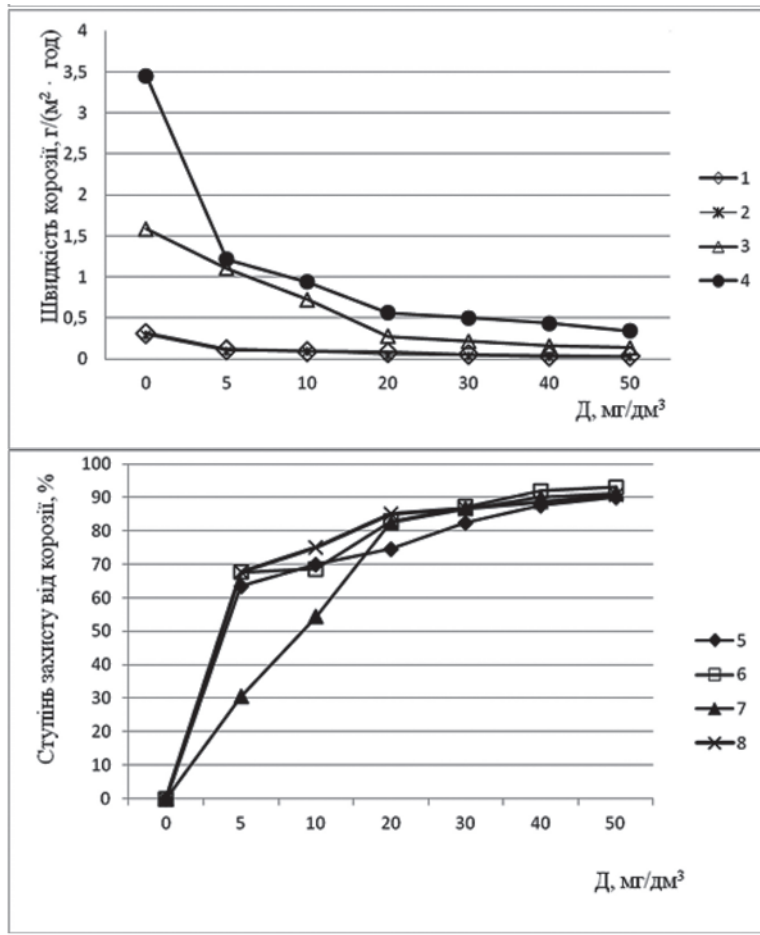


Рис. 2. Залежність швидкості корозії (1; 2; 3; 4), ступеню захисту від корозії (5; 6; 7; 8) сталі Ст20 від дози інгібітору “JN-ECO-168” при температурі 80° С у водно-нафтовій суміші складу: 800 см³ 3% NaCl та 200 см³ нафти (1;5); 200 см³ 3% NaCl та 800 см³ нафти із вмістом оцтової кислоти г/дм³: 0,0 (2; 6), 0,5 (3; 7), 3,0 (4; 8)

вод та зневоднені потоки нафти мають високу корозійну активність та схильність до осадоутворень [7, с. 54]. Особливо висока корозійна

активність та здатність до осадовідкладень спостерігається в пластових водах, солеміст яких змінюється в широких межах [8, с. 73].

Достатньо високою є корозійна активність сирої нафти, в якій вміст води досягає 10–30%. Обумовлено це тим, що при транспортуванні нафти її підігривають до температури 70–80° С, що в присутності води приводить до значної корозії сталених трубопроводів з нелегованої сталі [9, с. 82]. Одним з найбільш розповсюджених способів захисту трубопроводів є використання інгібіторів корозії сталі [10, с. 5819; 11, с. 571].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що в якості інгібіторів корозії в нафтовмісному середовищі [12, с. 522] використовують композиції, які разом з неорганічними сполуками містять поверхнево-активні речовини на основі алкілсульфонатів [13, с. 1080]. Можливе використання інгібіторів, які містять наряду із сульфонатними і алкілфосфонатні групи [14, с. 6746]. Перспективними є інгібітори на основі азотмістких гетероциклічних сполук [15, с. 73]. Тому в своїх дослідженнях автори використали в якості інгібіторів добавки, що містять 2-алкілімідазоліни і алкілпіридини.

Постановка завдання. Ціллю даної роботи було визначення ефективності катіоноактивних реагентів як інгібіторів корозії сталі у водно-нафтовому середовищі залежно від концентрації реагенту, температури та складу водно-нафтової емульсії.

Виклад основного матеріалу дослідження. В роботі використали зразки із сталі Ст20. Корозію вивчали масометричним методом. В якості корозійного середовища використали розчини хлористого натрію у воді з концентрацією 3%, суміші 3%-го розчину хлористого натрію з нафтою, суміші 3%-го розчину хлористого

натрію з нафтою в присутності оцтової кислоти. Температуру змінювали від 25 до 80° С. Час корозії – 8–10 годин.

Швидкість корозії розраховують за формулою:

$$V = \frac{(m_1 - m_2)}{S \cdot \tau}, \text{ г/(м}^2 \cdot \text{год)}, \quad (1)$$

де m_1 – початкова маса зразків, г;
 m_2 – маса зразків після експерименту, г;
 S – площа поверхні зразків сталі, м²;
 τ – час експерименту, год.

Коефіцієнт гальмування визначали як

$$K_z = \frac{V_0}{V_i}, \quad (2)$$

де v_0 – швидкість корозії без інгібітору, г/(м² год); v_i – швидкість корозії сталі Ст20 з інгібітором, г/(м² год).

де v_0 – швидкість корозії без інгібітору, г/(м² · год);

v_i – швидкість корозії сталі Ст20 з інгібітором, г/(м² · год).

Ступінь захисту від корозії, %, визначали за формулою:

$$Z = \left(1 - \frac{1}{K_z}\right) \cdot 100$$

В якості інгібіторів корозії використовували інгібітор “JN-ECO-168” на основі 2-алкілімідазолінів і алкілпіридину (алкіл C₁₆–C₁₈).

Головним чином водно-нафтові суміші, отримані при видобуванні нафти та при її транспортуванні, є корозійно активними для металів через наявність домішок мінералізованої води та карбонових кислот. При цьому кислі домішки підвищують швидкість корозії сталі в десятки разів. У присутності нафти та інгібіторів корозії цей ефект дещо знижується.

При проведенні досліджень по ефективності інгібіторів корозії ми випробували відомий інгібітор “JN-ECO168” в 3%-ному розчині хлористого натрію (рис. 1).

Як видно з рисунку 1, інгібітор до певної міри знижує швидкість корозії сталі Ст20 при температурі 25⁰ С. Ступінь захисту від корозії при дозі інгібітору 25 мг/дм³ сягає близько 40%. При 80⁰С цей інгібітор не ефективний. Це можна пояснити тим, що інгібітори адсорбційного типу на основі імідазолінів ефективні в присутності органічних речовин, за допомогою яких інгібітор формує гід-

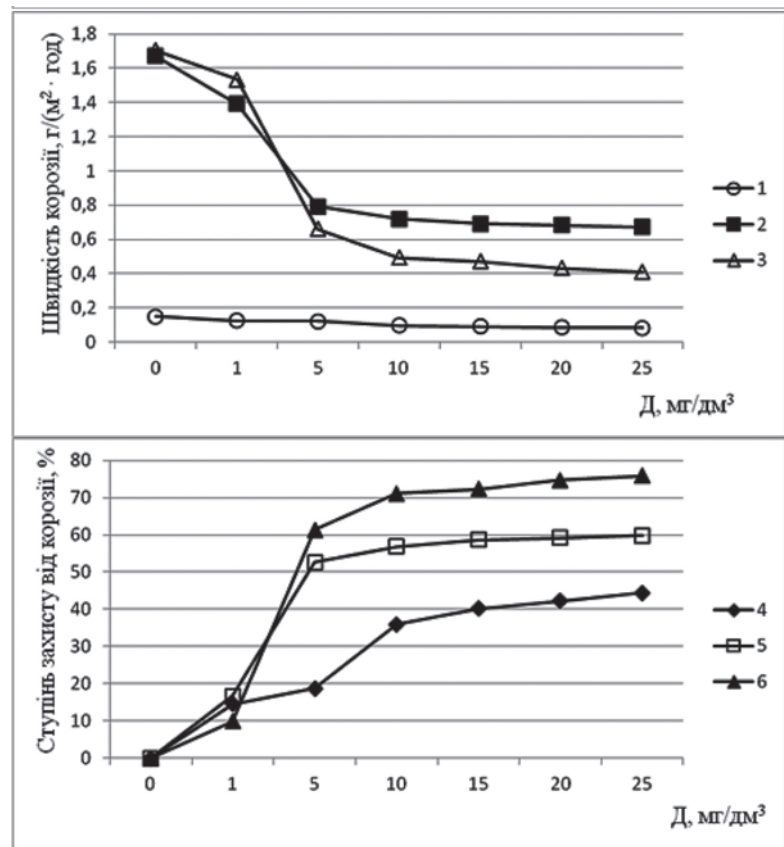


Рис. 3. Залежність швидкості корозії сталі Ст20 (1; 2; 3), ступеню захисту її від корозії (4; 5; 6) від дози інгібітору “JN-ECO-168” при температурі 30⁰ С (1; 4), 60⁰ С (2; 5) та 80⁰С (3; 6) у водно-нафтовій суміші складу: 950 см³ 3% NaCl, 50 см³ нафти та 0,5 г/дм³ CH₃C(O)OH

рофобну адсорбційну плівку на поверхні металу. Механізм захисної дії наступний. Спочатку молекули імідазоліну за рахунок катіонних груп (імідазолінових кілець) сорбуються на негативно зарядженій поверхні металу. Як правило, імідазолінові інгібітори є поверхнево активними речовинами з досить довгими алкільними групами (C₁₆–C₁₈). Тому на поверхні металу сорбуються, як правило, позитивно заряджені азотмісткі гетероцикли, а на гідрофобних алкільних групах сорбуються молекули нафти або інші органічні речовини. Саме завдяки такому механізму на поверхні сталі утворюється стабільна гідрофобна плівка, яка гальмує процеси анодного розчинення металу та катодного розчинення водню.

Це підтверджують результати наведені на рис. 2.

Так, у середовищі, яке складається з 8 частин 3% NaCl та 2 частин нафти при 80⁰ С швидкість корозії була на рівні 0,3125 г/(м²год). При використанні інгібітору уже при дозі 5 мг/дм³ швидкість корозії знизилась більше ніж у двічі (ступінь захисту від корозії сягав 63%), а при дозі інгібітору 50 мг/дм³ швидкість корозії знизилась більше

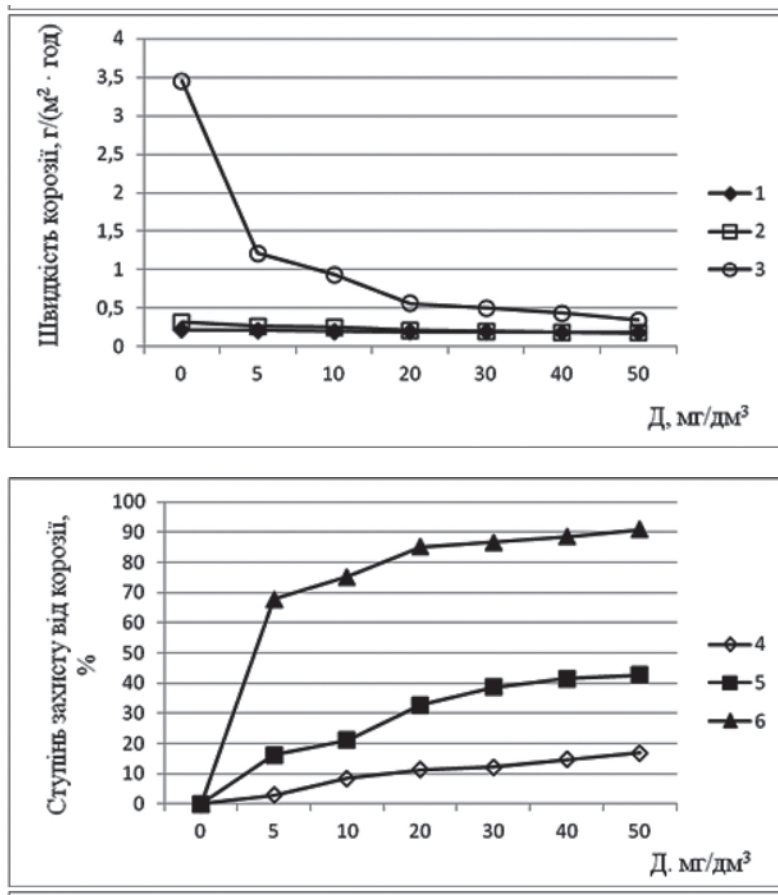


Рис. 4. Залежність швидкості корозії сталі Ст20 (1; 2; 3) та ступеню захисту від корозії (4; 5; 6) від дози інгібітору “JN-ECO-168” при температурі 20°C (1; 4), 40°C (2; 5) та 80°C (3; 6) у водно-нафтовій суміші складу: 200 см³ 3%-го розчину NaCl, 800 см³ нафти, 3 г СН₃С(О)ОН

як на порядок (ступінь захисту від корозії сягав 90,1%).

При наявності у суміші 3% розчину хлориду натрію (2 частини), нафти (8 частин), оцтової кислоти швидкість корозії зростає до 1,58722 г/(м²год) (при концентрації кислоти 0,5 г/дм³) і до 3,4508 г/(м²год) (при концентрації кислоти 3 г/дм³). Це дуже високі значення швидкості корозії, що призводять до швидкого руйнування трубопроводів та обладнання із нелегованої сталі. При швидкості корозії більше 3 мм/рік ресурс нафтопроводів буде вичерпаний досить швидко. Запобігають цьому шляхом зниження вмісту у нафті водної фракції, нейтралізації кислот та застосуванням інгібіторів корозії. У даному випадку інгібітор “JN-ECO-168” забезпечував надійний захист як у середовищі без кислоти, так і у середовищі з концентрацією кислоти 0,5 та 3 г/дм³ (рис. 2). При концентраціях інгібітору 40–50 мг/дм³ швидкість корозії знижується на порядок, а ступінь захисту від корозії сягає 90–93%.

Ефективність інгібітору корозії на імідазоліновій основі значно залежить від температури (рис. 3). Так, швидкість корозії сталі Ст20 у водно-нафтовій суміші різко зростає із підвищенням температури від 30 до 80°C. Проте із підвищенням температури зростає і ефективність інгібітору корозії. При 30°C при дозі інгібітору 25 мг/дм³ ступінь захисту сягає всього 44%, при 60°–60%, а при 80°–76%. При 80°C і при дозі інгібітору 50 мг/дм³ (рис. 3) у водно-нафтовій суміші ступінь захисту перевищує 90%.

Із рис. 3 видно, що імідазоліновий інгібітор забезпечує високий ступінь захисту від корозії сталі Ст20 навіть при співвідношенні об’ємів 3% розчину NaCl та нафти як 95:5 та при наявності в суміші оцтової кислоти.

При зростанні концентрації оцтової кислоти до 3 г/дм³ у водно-нафтовій суміші ефективність інгібітору “JN-ECO-168” різко знижується при низьких температурах (рис. 4). Навіть при дозі інгібітору 50 мг/дм³ ступінь захисту від корозії при 25°C знижується до 17%, при 40°C – до 43%. При 80°C уже при дозі інгібітору 5 мг/дм³ ступінь захисту сягає 68%, а при дозі 50 мг/дм³ – перевищує 90%.

Швидкість корозії при цьому знижується із 33,83 мм/рік до 0,382 мм/рік.

Крім імідазолінових інгібіторів для захисту сталі від корозії використали суміш алкілпіридинів, де алкільні радикали містили 16–18 атомів вуглецю (алкіл С₁₆–С₁₈). Випробували цей інгібітор у водно-нафтовій суміші, що містила 95 об’ємних частин 3%-го розчину хлориду натрію та 5% нафти за температури середовища 80°С. Час контакту металу із середовищем склав 6 годин. Результати приведено на рис. 5.

Як видно з рисунку 5, швидкість корозії сталі Ст20 зростає із підвищенням температури. Ефективність інгібітору також зростає при підвищенні температури. Проте, ефективність цього інгібітору невисока (Z = 47%, при D = 25 мг/дм³) порівняно з імідазоліновими інгібіторами.

Висновки. Вивчені корозійні процеси сталі Ст20 в сольових водних розчинах, в суміші мінералізованого розчину та нафти. Показано, що швидкість корозії сталі підвищується із збільшен-

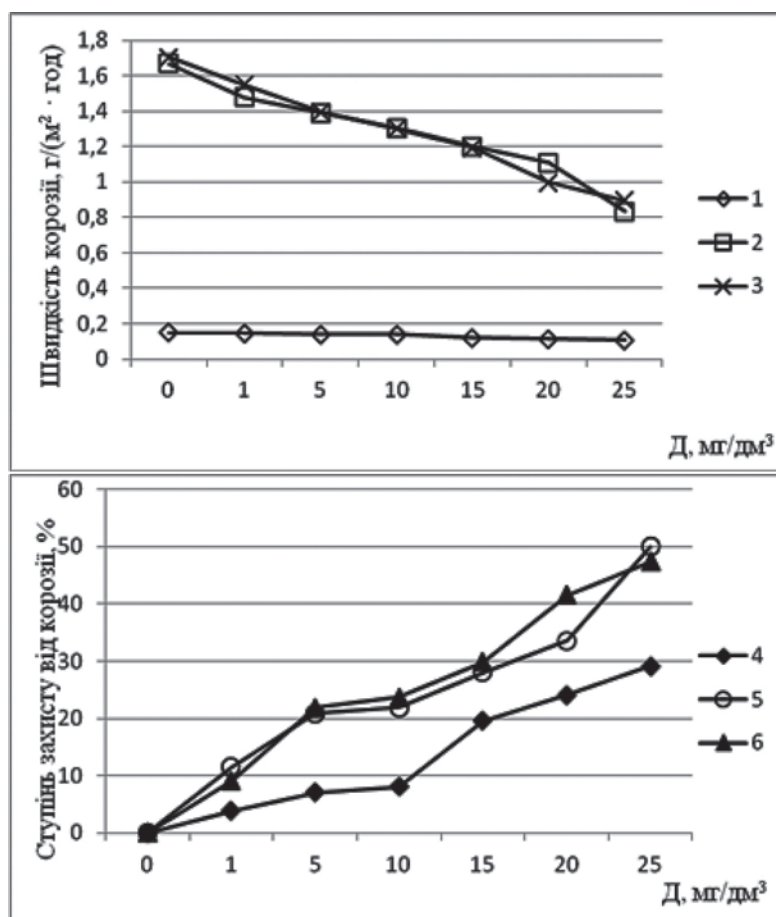


Рис. 5. Залежність швидкості корозії сталі Ст20 (1; 2; 3), ступеню захисту від корозії (4; 5; 6) від дози алкілпіридину (алкіл $C_{16} - C_{18}$) при температурі 30°C (1; 4), 60°C (2; 5) та 80°C (3; 6) у водо-нафтовій суміші складу: 950 cm^3 3%-го розчину NaCl; 50 cm^3 нафти

ням вмісту у водо-нафтовій суміші концентрації оцтової кислоти з 0,5 до 3 г/дм³.

Встановлено, що швидкість корозії сталі Ст20 у водо-нафтовій суміші в присутності оцтової кислоти і без неї збільшується при підвищенні температури від 30 до 60°С. При цьому високий ступінь захисту від корозії забезпечує інгібітор на імідазоліновій основі – “JN-ECO-168”. Ефектив-

ність захисту збільшується з підвищенням температури.

Показано, що використання алкіл піридину у водо-нафтовій суміші дозволяє знизити швидкість корозії сталі Ст20 в діапазоні температур 30–80°С. Однак такий реагент менш ефективний порівняно з імідазоліновим інгібітором “JN-ECO-168”.

Список літератури:

1. Рябов В.Д. Химия нефти и газа. М. : Форум. 2009. 336 с.
2. Роберт А. Мейерс и др., под ред. О.Ф. Глаголевой, О.П. Лыкова. Основные процессы нефтепереработки (пер. с англ.). 3 изд. Изд. ЦОП «Профессия», 2011. 944 с.
3. Мановен А.К. Технология первичной переработки нефти и газа. М. : Химия, 2001. 586 с.
4. Топільницький П., Гринишин О., Мачинський О. Технологія первинної переробки нафти і газу. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 468 с.
5. Gomelya N.D., Shabliy T.A., Trohymenko A.G., Shuryberko M.M. New inhibitors of corrosion and depositions of sediments for water circulation systems. Journal of Water Chemistry and Technology. 2017. Vol. 39. Issue 2. P. 92–96.
6. Гомеля М.Д., Радовенчик В.М., Шаблій Т.О. Сучасні методи кондиціонування та очистки води в промисловості: монографія. К. : Графіка, 2007. 168 с.

7. Пагер С.М., Герасименко Ю.С. Модифікація карбонатно-накипних осадів для захисту від корозії теплообмінної поверхні. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2013. № 13. С. 54–65.

8. Соколов Л.И. Переработка и утилизация нефтесодержащих отходов: монография. 2-е изд. испр. и доп. М. : Инфра-Инженерия, 2017. 160 с.

9. Злыднев Н.Н., Еськин А.А., Ткач Н.С. Источники нефтесодержащих вод. Технические науки – от теории к практике : сб. ст. по матер. XXXVI междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск : СибАК, 2014. № 7(32).

10. Du J., Guo J., Zhao L., Chen Y., Liu C., Meng X. Corrosion inhibition of N80 steel simulated in an oil field acidification environment. International Journal of Electrochemical Science. 2018. Vol. 13. Issue 6. P. 5810–5823.

11. Sharma P., Roy H. Mill scale corrosion and prevention in carbon steel heat exchanger. High temperature materials and processes. 2015. Vol. 34. Issue 6. P. 571–576.

12. Wang L., Zhang C., Xie H., Sun W., Chen X., Wang X., Yang Z., Liu G. Calcium alginate gel capsules loaded with inhibitor for corrosion protection of downhole tube in oilfields. Corrosion Science. 2015. Vol. 90. P. 522–528.

13. Yang C., Huag J., Guraieb P., Tomson R.C. Evaluation of ferrous carbonate/iron oxides scaling risk under high temperature in the absence and presence of scale inhibitors. Proceedings – SPE International Symposium on Oilfield Chemistry. The Woodlands, United States, 13-15 April, 2015. Vol. 2. P. 1080–1092.

14. Mady M.F., Charoumran P., Ajiro H., Kelland M.A. Synthesis and Characterization of Modified Aliphatic Polycarbonates as Environmentally Friendly Oilfield Scale Inhibitors. Energy and Fuels. 2018. Vol. 32. Issue 6. P. 6746–6755.

15. Deyab M.A. Corrosion inhibition of heat exchanger tubing material (titanium) in MSF desalination plants in acid cleaning solution using aromatic nitro compounds. Desalination. 2018. Vol. 439. P. 73–79.

Gomelya M.D., Krysenko T.V., Stepova O.V. ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF METAL CORROSION INHIBITORS IN WATER-OIL ENVIRONMENTS

In this work researches aimed at creation of compositions – effective inhibitors of steel corrosion in oil-containing aqueous media were performed. Given the importance of oil production, oil refining in the country's economy, environmental risks associated with corrosion destruction of equipment and oil pipelines, relevant studies are aimed at creating effective means of protecting metals from corrosion in harsh environments containing water, petroleum products, carbonates and carbonates. salts.

The corrosion activity of high-mineralized oil containing carboxylic acids at temperatures up to 80°C is evaluated. It is shown that the corrosive activity of aqueous media with respect to non-alloy steel increases with the level of water mineralization. And when mixing mineralized water with oil, the corrosion activity of the mixture is significantly reduced, regardless of the level of mineralization of water. In this case, the rate of corrosion of metals in water-oil mixtures increases with increasing temperature. The rate of corrosion of steel and the acidification of water-oil mixtures with acetic acid also increases significantly.

The effectiveness of inhibitors based on alkylimidazolines and alkylpyridines in protecting metals from corrosion is determined. It is shown that alkylimidazoline-based inhibitors provide high efficiency of protection of metals against corrosion in a wide range of temperatures when available in model environments of carboxylic acids. The effectiveness of alkylimidazoline-based inhibitors in water-oil mixtures increases with increasing temperature from 30 to 80°C and increasing the concentration of inhibitors from 5 to 50 mg/dm³. Particularly good inhibitory effect is expressed in water-oil mixtures in the presence of carboxylic acids. Alkylpyridines are ineffective as metal corrosion inhibitors under these conditions.

In general, alkylimidazoline-based inhibitors are promising in protecting steel from corrosion in both mineralized waters in the presence of oil and in the environment of petroleum and petroleum products in the presence of mineralized waters.

Key words: corrosion of metals, oil, oil products, oil pipeline, oil production, imidazolines, corrosion inhibitors.

УДК 66.03
DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/09>

Іванченко А.В.

Дніпровський державний технічний університет

Пасс О.В.

Дніпровський державний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ РЕГУЛЯТОРА ОБЕРТІВ ТУРБІНИ НАСОСА ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ НА АГРЕГАТІ СИНТЕЗУ АМОНІАКУ

Основним проміжним продуктом для одержання великої кількості різних ністрогенвмісних сполук є амоніак, а його синтез із гідрогену та нітрогену є єдиним масштабним методом виробництва цього продукту.

Основною сировиною у виробництві амоніаку є природний газ, який використовується як у процесі конверсії метану, так і для роботи турбін основних компресорів та насосів. Через високу вартість та великі витрати природного газу, питання вдосконалення виробництва для зниження його споживання є актуальним.

Метою роботи є дослідження регулятора обертів турбіни насоса живильної води в системі пароутворення на агрегаті синтезу амоніаку для економії пари середнього тиску (та природного газу на її виробництво), що витрачається на роботу турбіни.

На підприємстві АТ «ДНПРОАЗОТ» у м. Кам'янському в цеху синтезу амоніаку № 1Б на установці потужністю 1500 т. рідкого амоніаку на добу проведено експериментальні дослідження з включення в роботу регулятора обертів турбіни насоса живильної води.

Встановлено, що зменшення швидкості обертів турбіни насоса живильної води, дозволяє відкрити клапан передбачений проектом розробника на 100%, розвантажити насос та знизити витрату пари середнього тиску на роботу турбіни на 1,1 т/год (при повному навантаженні на первинний риформінг). Згідно технологічного регламенту на виробництво 1,1 т пари витрачається 66 м³/год паливного газу, що еквівалентно 42,4 т рідкого амоніаку на місяць. Після операції переходу на регулювання рівня в парозбірнику з клапана на регулятор обертів турбіни – керування встановлено в автоматичний режим.

Алгоритм керування дозволив враховувати зміни рівня в парозбірнику, формуючи сигнал в залежності від значень: витрати пари з парозбірника, води з деаератора, води на постійну продувку парозбірника від зважених часток. Така корекція подачі води нівелює інерційність регулятора та забезпечує стабільність рівня у парозбірнику.

Ключові слова: амоніак, насос живильної води, система пароутворення та паророзподілу, допоміжний котел, регулятор обертів турбіни.

Постановка проблеми. Основним проміжним продуктом для одержання великої кількості різних ністрогенвмісних сполук є амоніак, а його синтез із гідрогену та нітрогену є єдиним масштабним методом виробництва цього продукту. Амоніак та його сполуки широко використовуються в усіх областях діяльності людини і, в першу чергу, у виробництві мінеральних добрив та синтезу таких важливих полімерних матеріалів, як поліаміди, поліуретани [1].

В Україні амоніак виробляється в основному на п'яти хімічних комбінатах великої одиночної потужності, в тому числі і АТ «ДНПРОАЗОТ» (м. Кам'янське). Більшість із них побудовані у 80-х роках минулого сторіччя [2] і без оптимізації технології та модернізації існуючих виробництв, у зв'язку з підвищенням цін на сировину, собівартість амоніаку значно зросте.

Основною сировиною у виробництві амоніаку є природний газ, який використовується як у процесі конверсії метану, так і для роботи турбін основних компресорів та насосів. Через високу вартість та великі витрати природного газу, питання удосконалення виробництва для зниження його споживання є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [3] науковцями розроблено вісім енергозберігаючих заходів для хіміко-технологічних систем конверсії метану при виробництві амоніаку на ПАТ «Дорогобуж» (Росія), за рахунок низькопотенційних вторинних ресурсів або замикання енергопотоків всередині схеми з метою забезпечення більш повного використання внутрішніх енергоресурсів.

Науковцями [4] проведено чисельне моделювання режимів роботи рециклової схеми

каталітичного синтезу амоніаку з використанням параметрів реального промислового агрегату.

Проведені дослідження експериментів по синтезу амоніаку при пропусканні суміші $[CO+N_2]$ через лужний розчин, що містить суміш карбонільних кластерів родію, рутенію та іридію під атмосферним тиском [5].

У дисертації [6] запропоновано спосіб підвищення ефективності абсорбційної водоамоніачної холодильної машини у схемі синтезу амоніаку за рахунок використання поверхнево активних речовин.

Постановка завдання. На рис. 1 представлена загальна схема підготовки живильної води системи пароутворення агрегату синтезу амоніаку.

Схема функціонує наступним чином. Демінералізована вода подається до теплообмінників 1 і 2, де підігрівається до температури 386 К регенованим розчином «Карсол» та конвертованим газом відповідно [7].

Нагріта вода надходить в дегазаційну головку деаератора 3, де щільними форсунками рівномірно розподіляється по поверхні насадки.

Стікаючи вниз по насадці, вода стикається з паром низького тиску ($0,12 \div 0,15$ МПа), що пода-

ється в нижню частину головки. Газ, що при цьому виділилися (CO_2, O_2, N_2) викидаються до атмосфери, а вода з температурою 396 К стікає бак-акумулятор 4.

Постійний тиск у деаераторі підтримується регулятором подачі пари. Рівень води у баці-акумуляторі підтримується автоматично клапаном 5, який змінює витрату води в деаератор.

З бака-акумулятора вода насосами 6 і 7 (один із яких постійно знаходиться у роботі, а інший – в гарячому резерві) з приводом від турбін подається з тиском 12 МПа через клапан 8 до підігрівачів живильної води 9, 10 і 11, де нагрівається до температури 573 К синтез-газом після колони синтезу амоніаку, синтез-газом після метанатора та димовими газами реактора первинного риформінгу відповідно та надходить у парозбірник 12.

За проектом розробника регулювання рівня води у парозбірнику здійснюється за рахунок зміни ступеню відкриття клапана 8, що створює опір потоку води. Турбіна насосу живильної води постійно працює на високих обертах, а регулювання обертів здійснюється за необхідності в ручному режимі. У роботі запропоновано використо-

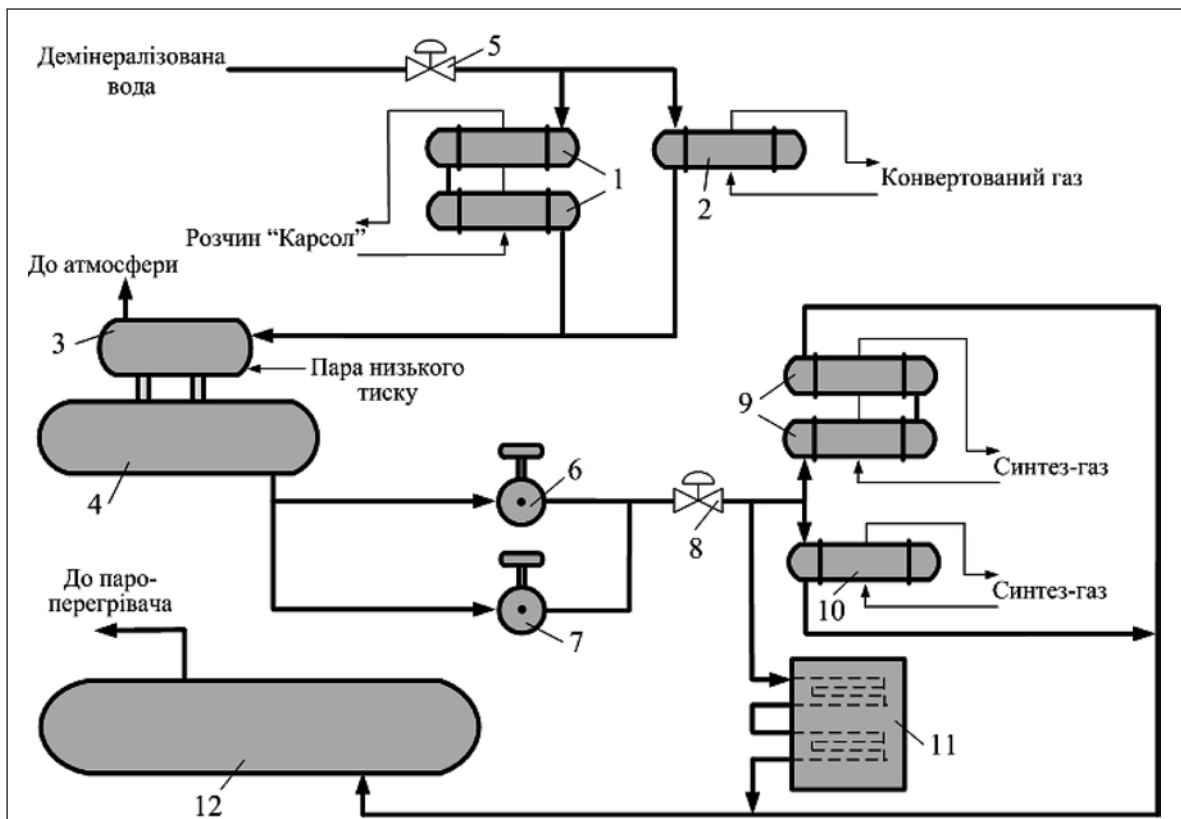


Рис. 1. Схема підготовки живильної води агрегату синтезу амоніаку: 1, 2 – теплообмінники; 3 – дегазаційна головка деаератора; 4 – бак-акумулятор; 5 – клапан подачі води в деаератор; 6, 7 – насоси живильної води; 8 – клапан подачі води в парозбірник; 9, 10, 11 – підігрівачі живильної води; 12 – парозбірник допоміжного котла

увати автоматичне регулювання обертів турбіни від показань рівня у парозбірнику. Такий спосіб дозволить, знизивши обороти турбіни, відкрити клапан 8 на ступінь відкриття 100% та зменшити витрату пари середнього тиску 3,8÷4,2 МПа на роботу турбіни.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Дослідження проведено на підприємстві «ДНІАПРОАЗОТ» у м. Кам'янському в цеху синтезу амоніаку № 1Б на установці потужністю 1500 т рідкого амоніаку на добу.

Експеримент з включення в роботу регулятора обертів "Woodward" турбіни насоса живильної води проведено при навантаженні на первинний риформінг 40000 м³/год на 3,9 МПа.

У ході експерименту поступово виконано наступний перехід: регулятором знижували оберти турбіни до падіння показань витрати води в парозбірник та збільшували ступінь відкриття клапана до 100% (рис. 2).

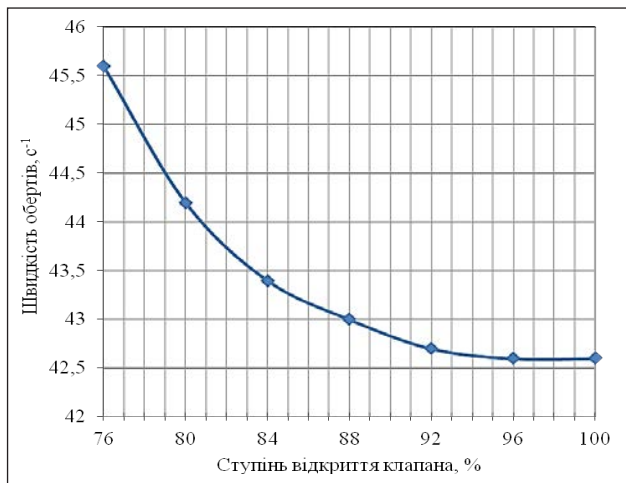


Рис. 2. Перехід на управління з клапана на регулятор обертів

Після виконаної операції регулятор обертів встановили в автоматичний режим регулювання

від показань рівня води у парозбірнику. Алгоритм керування дозволив враховувати зміни рівня в парозбірнику, формуючи сигнал залежно від значень: витрати пари з парозбірника, води з деаератора, води на постійну продувку парозбірника від зважених часток. Така корекція подачі води нівелює інерційність регулятора та забезпечує стабільність рівня у парозбірнику.

Регулювання здійснюється шляхом вираховування в розрахунковій точці сигналу упередження за формулою:

$$F_1 - ((F_2 - F_3) \cdot C_1) \cdot C_2,$$

де F_1 – поточні значення витрати води з парозбірника;

F_2 – поточні значення витрати води в парозбірник;

F_3 – поточні значення витрати води на постійну продувку парозбірника від зважених часток;

C_1, C_2 – інженерні коефіцієнти, що встановлюються для збільшення або зменшення чутливості регулятора.

Встановлено вплив регулятора обертів на систему підготовки живильної води (табл. 1).

Експериментальні дані показують, що в результаті переходу на регулювання обертів турбіни від показань рівня води в парозбірнику, та відкриття клапана на 100% швидкість обертів знизилась, що зменшило витрату пари на турбіну на 1,1 т/год (рис. 3). Незначний вплив ступеню відкриття клапана на роботу турбіни в інтервалі 96–100% зумовлений низьким опором затвору.

Витрата газу на виробництво 1 т. пари середнього тиску становить близько 60 м³ згідно технологічного регламенту. Отже, економія 1,1 т/год пари турбіною насоса запропонованим способом дорівнює 66 м³/год газу (замісяць складе 47520 м³).

Таблиця 1

Вплив регулятора обертів на роботу системи підготовки живильної води

Ступінь відкриття клапана, %	Швидкість обертів турбіни насоса, с ⁻¹	Тиск води на нагнітанні насоса, МПа	Витрата пари на турбіну насоса, т/год
76 (існуючий спосіб)	45,6	12	16
80	44,2	11,6	15,5
84	43,4	11,35	15,21
88	43	11,2	15,05
92	42,7	11,1	14,94
96–100 (запропонований спосіб)	42,6	11,05	14,9
	42,6	11,05	14,9

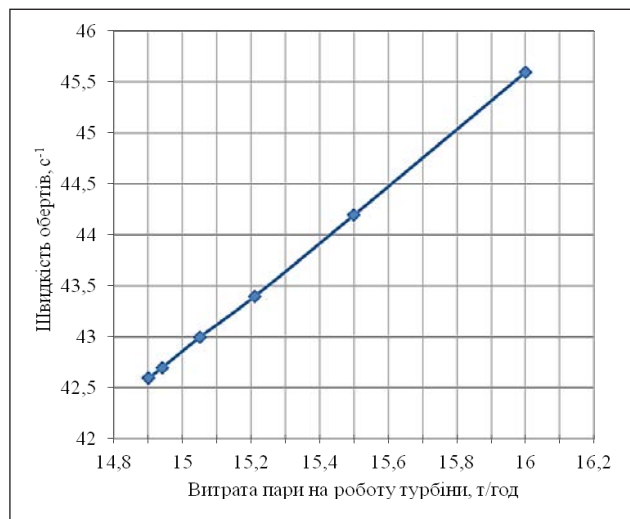


Рис. 3. Залежність витрати пари від швидкості обертів турбіни

При загальному споживанні газу 70000 м³/год і виході рідкого амоніаку 62,5 т/год витратний коефіцієнт складає 1120 м³ газу на виробництво однієї тонни готового продукту. Розрахунки

показали, що економія газу при даному навантаженні на первинний риформінг еквівалентна 42,4 т рідкого амоніаку на місяць.

Висновки. Експериментально встановлено, що регулювання рівня води в парозбірнику за рахунок зміни швидкості обертів турбіни насоса живильної води, дозволяє відкрити клапан передбачений проектом розробника на 100% і таким чином розвантажити насос, та знизити витрату пари середнього тиску на роботу турбіни.

При використанні регулятора обертів турбіни насоса живильної води та навантаженні на первинний риформінг за газом 40000 м³/год на 3,9 МПа (при) економічний ефект складає 1,1 т/год. пари або 66 м³/год. паливного газу, що еквівалентно 42,4 т. рідкого амоніаку на місяць.

Врахування значень витрати пари з парозбірника, води з деаератора, води на постійну продувку парозбірника від зважених часток, в алгоритмі автоматичного регулювання швидкості турбіни нівелює інерційність та забезпечує стабільність рівня у парозбірнику.

Список літератури:

1. Кузнецов Л.Д. Синтез аммиака. Москва : «Химия», 1982. 296 с.
2. Янковский Н.А. Аммиак. Вопросы технологии. Донецк : «Новая печать», 2001. 122 с.
3. Аршиненко И.А. Энергосбережение в химико-технологических схемах с низкопотенциальными вторичными энергоресурсами (на примере производства азотоводородной смеси для синтеза аммиака): автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий»; Филиал Московского энергетического института. Смоленск, 2007. 187 с.
4. Морозов Л.Н. Моделирование режимов эксплуатации рецикловой схемы синтеза аммиака. *Химия и химическая технология*. 2012. № 11. С. 93–97.
5. Федосеев И.В. Синтез аммиака в присутствии карбонильных кластеров Rh-Ru-Ir. *Журнал неорганической химии*. 2007. № 7. С. 1070–1071.
6. Веденева А.И. Совершенствование абсорбционной водоаммиачной холодильной машины в схеме синтеза аммиака: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.03 «Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения». Астраханский государственный технический университет. Астрахань, 2016. 139 с.
7. Инструкция по рабочему месту аппаратчика конверсии 6 разряда. АО «ДНЕПРАЗОТ». Каменское, 2017. 173 с.

Ivanchenko A.V., Pass O.V. THE USING OF THE FEED WATER PUMP TURBIN SPEED REGULATOR IN THE AMMONIA SYNTHESIS

Ammonia is currently the major intermediate for large number of various nitrogen-containing compounds production, and its synthesis from Hydrogen and Nitrogen is the only large-scale production method of this product.

The main raw material in the production of ammonia is natural gas, which used in methane conversion and driving turbines of main compressors and pumps. The issue of improving production to reduce natural gas consumption is relevant because of its high cost and consumption.

The article is devoted to research of the using of turbine speed regulator of the feed water pump in the steam generation system at ammonia synthesis to reduce medium pressure steam consumption (and natural gas for its production), which uses to drive the turbine.

The experiment of inclusion in the work of the feed water pump turbine speed regulator is performed at the "DNEPRAZOT" plant in city Kamyanske, at the ammonia synthesis workshop № 1B with 1,500 tons of liquid ammonia per day performance.

It has been determined, that reducing the rotation speed of the feed water pump turbine allows to open the valve which provided by the developer's project to 100%, unloading the pump and reducing the average pressure steam consumption for turbine driving of 1.1 t/h (at full load on the primary reforming.) According to the technological order for the production of 1.1 tons of steam, 66 m³ of natural gas is used, its equivalent to 42.4 tons of liquid ammonia per month.

After the switching operation from the valve to the turbine speed controller – the control is set to automatic mode.

The control algorithm made it possible to consider changes in the level in the steam collector, and forming the signal depending on the values: steam consumption from the steam collector, water consumption from the deaerator, water consumption to the constant purge of the steam collector from the suspended particles. This correction of the water supply eliminates the regulator inertia and provides the stability of the water level in the steam collector.

Key words: *ammonia, feed water pump, steam generation and steam distribution system, supporting boiler, turbine speed regulator.*

Ларичева Л.П.

Дніпровський державний технічний університет

Черненко Я.М.

Дніпровський державний технічний університет

Ільченко С.А.

Дніпровський державний технічний університет

Бабенко А.В.

Дніпровський державний технічний університет

ПЕРЕРобКА ЗАЛІЗОВМІСТНИХ ФОСФОРИТІВ ЗА НІТРАТНОСУЛЬФАТНОКИСЛОТНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

Досліджено процес розкладання фосфоритів з підвищеним вмістом оксидів заліза сумішшю нітратної та сульфатної кислот у присутності циркулюючого нітратнофосфатного розчину. Досліди проводили на зразку фосфоритної руди наступного хімічного складу у % мас.: 24,6 % P_2O_5 ; 40,8 % CaO ; 4,5 % Fe_2O_3 ; 1,9 % Al_2O_3 .

Експерименти імітували безперервний процес і дозволяли встановити межі накопичення домішок у циркуляційному розчині. Встановлено, що вміст домішок у зворотному нітратнофосфатному розчині при сталому режимі не перевищує 0,52–0,57 % Fe_2O_3 та 0,33–0,37 % Al_2O_3 . Накопичення домішок у розчині, що циркулює, у таких межах не завдає істотного впливу на показники процесу розкладання фосфоритів, кристалізацію сульфату кальцію і фільтрацію фосфатногіпсових суспензій. Коефіцієнт вилучення P_2O_5 в експерименті складав 96–98%, Fe_2O_3 – 40–42 %, Al_2O_3 – 61–65 %.

Зі збільшенням тривалості перемішування фосфогіпсових суспензій у тверду фазу одночасно з сульфатом кальцію випадають фосфати заліза. У результаті збільшується втрата P_2O_5 з фосфогіпсом і погіршуються його фільтрувальні властивості. Кількість фосфатів заліза, що виділяються в осад за однаковий проміжок часу, збільшується зі збільшенням температури. Для отримання фосфогіпсових суспензій з гарними фільтруючими властивостями і зменшення втрат фосфору при переробці залізовмісних фосфоритів необхідно підтримувати температуру не вище 60°C, а тривалість їх перемішування не повинна перевищувати 60–90 хвилин.

Розчинність гіпсу у нітратнофосфатних розчинах у присутності іонів заліза та алюмінію збільшується. Це дозволяє отримувати більш крупні кристали, що добре фільтруються. Однак це призводить до зниження вмісту поживних речовин у кінцевому продукті внаслідок розбавлення останнього баластними з'єднаннями. Для формування крупнокристалічного осаду сульфату кальцію потрібно підтримувати надлишок іонів SO_4^{2-} . Отримані кристали мають переважно голчасту форму і потребують тривалого часу перекристалізації. Ступінь відмивки кристалів не перевищує 98 %. Змішуванням нейтралізованих амоніаком нітратнофосфатних розчинів із хлоридом калію отримано добриво з вмістом поживних речовин 46–50 %.

Ключові слова: кислотна переробка фосфоритів, нітратносульфатнокислотна технологія, амонізація нітратнофосфатних розчинів, пересиченість розчинів, кристалізація сульфату кальцію.

Постановка проблеми. У зв'язку з обмеженою запасів високоякісної фосфатної сировини в Україні впровадження у переробку низькоякісних вітчизняних фосфоритів, які характеризуються низьким вмістом P_2O_5 та значною кількістю домішок, у тому числі полуторних оксидів заліза та алюмінію, є досить актуальним. Пошук раці-

ональних шляхів хімічної переробки низькоякісних фосфоритів має великий науковий і практичний інтерес.

Низька чутливість нітратно-кислотних методів виробництва добрив до наявності у сировині домішок обумовлює доцільність використання їх для переробки «бідних» фосфоритів. Перспек-

тивними є нітратно-сульфатні способи переробки з рециклом сульфату амонію, які дозволяють організувати процес за маловідходною схемою і вирішити проблему відділення тонкодисперсного шламу, який утворюється при обробці фосфатної сировини кислотними реагентами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розкладання фосфатної сировини мінеральними кислотами складає основну групу методів переробки низькоякісних фосфоритів у фосфатну кислоту та мінеральні добрива [1, с. 109]. При сульфатнокислотній переробці «бідних» фосфоритів більшість домішок переходить у розчин, з якого повільно кристалізуються у вигляді фосфатів. Це призводить до погіршення умов технологічного процесу і втрат корисних речовин. Зниження температури процесу до 50–60°C і збільшення концентрації сульфат-іонів у розчині до 3–4% мас. дозволяє збільшити стабільність пересичених по фосфатам заліза та алюмінію розчинів [2, с. 64]. Однак у процесі зберігання отриманої екстракційної фосфатної кислоти (ЕФК) відбувається кристалізація фосфатів з розчину, що призводить до втрат P_2O_5 та ускладнює її подальшу переробку.

Автори дослідження [3, с. 108, 112] пропонують використання так званого циклічного способу виробництва мінеральних добрив з некондиційних фосфоритів, що містять велику кількість шкідливих домішок. У цьому способі пропонується розкладання фосфатної сировини великим надлишком фосфатної кислоти (500% від стехіометричного). Результати розкладання зразку чилійського фосфориту, що містив у %: P_2O_5 – 17,72; SiO_2 (нерозчинний залишок) – 37,5; CaO – 30,3; MgO < 0,3; CO_2 – 3,56; Fe_2O_3 – 1,26; Al_2O_3 – 1,29; F_2 – 38, показали, що після 4 циклу не відбувається значного підвищення вмісту Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO у зворотному розчині, але відбувається стабілізація його складу і в'язкості, яка пояснюється тим, що з'єднання заліза і алюмінію, що надходять з фосфоритом, виводяться з циклу нерозчинним залишком, моно кальцій фосфатом і гіпсом. Фосфати шкідливих домішок, що залишаються у розчині, не роблять помітного впливу на технологічний режим. Вказаний метод потребує значних матеріальних (кислотні реагенти) та енергетичних витрат.

У науково-технічній літературі є відомості про нестандартні методи переробки низькоякісних фосфоритів у мінеральні добрива. У роботі [4, с. 242] пропонують гідросульфатний метод переробки бідних фосфоритів у добрива. За температури 393–408 К із витратою реагентів

($KHSO_4$, H_2SO_4) 105% від стехіометричної норми і мольним співвідношенням реагентів 1:1 за 40 хвилин з низькоякісної фосфатної сировини Незвиського фосфориту отримано добриво, яке містило до 11,9% загального P_2O_5 ($P_2O_{5\text{засв.}} = 8,32\%$). Ступінь розкладання фосфориту при цьому складала 70%. Однак отриманий за цією технологією продукт мав невисокий вміст засвоюваних рослинами речовин при низькому ступені розкладання і є малоефективним для застосування.

Автори [5, с. 32] пропонують вирішення проблеми переробки низькоякісних вітчизняних фосфоритів на екстракційну фосфатну кислоту та її солі шляхом попередньої хімічної декарбонізації фосфатної сировини циркулюючими фторвмістними розчинами. Дослідження цікаві з точки зору усунення впливу карбонатних домішок на технологію отримання ЕФК, але не вирішують проблеми переробки «бідної» фосфатної сировини з підвищеним вмістом полуторних оксидів заліза та алюмінію. Перспективним напрямком переробки низькоякісних фосфоритів вважається нітратно-кислотне розкладання, яке дає можливість комплексної переробки фосфатної сировини за безвідходною технологією незалежно від якості початкового фосфориту [6 с. 118].

Розкладання фосфоритів нітратною кислотою є складним процесом, який відноситься до категорії гетерогенних процесів розчинення твердих тіл у рідині, що відбуваються на поверхні розділу твердої і рідкої фаз. В результаті утворюється нітратнокислотний витяг – складна багатокомпонентна система, до складу якої входять: фосфатна кислота, вода, нітрати кальцію і магнію, надлишок нітратної кислоти. Окрім цього, в розчині можуть бути присутніми нітрати та карбонати магнію, заліза, алюмінію і рідкоземельних металів, сполуки стронцію і натрію. При цьому вміст полуторних оксидів заліза та алюмінію в фосфатах, які застосовуються для нітратнокислотної переробки, впливає на процес менше, ніж для сульфатнокислотної, внаслідок більш низької їх розчинності в нітратній кислоті [7, с. 35].

Дослідження нітратно-кислотної витяжки показали, що напрямок реакцій та їх природа формуються сукупністю кількісних параметрів: граничною розчинністю солей та їх температурною залежністю, значенням констант дисоціації слабких електролітів, добутком розчинності осадів та рН середовища. В інтервалі рН = 1–2 у розчині переважають недисоційовані молекули фосфатної кислоти, нітрат-іони та катіони амонію і кальцію, причому в кристалічному стані за умови

виведенням домішок є можливість виділити нітрати амонію і кальцію. При підвищенні рН до 4 збільшується можливість утворення важкорозчинних кристалів кальцію фосфату дигідрату [8, с. 35].

Аналіз літературних джерел щодо дослідження фізико-хімічних та технологічних закономірностей переробки низькоякісної фосфатної сировини, у тому числі і нітратнокислотним методом, не дозволяє прогнозувати умови переробки «бідних» фосфоритів з підвищеним вмістом полуторних оксидів. Опубліковані результати досліджень є недостатніми для вирішення завдань впровадження методів, які пропонуються, у промисловість. На діючих підприємствах для виробництва мінеральних добрив використовують високоякісну фосфатну сировину, а питання впровадження у виробництво нових видів сировини, зокрема, низькоякісної, залишаються відкритими. Тому питання дослідження в напрямі розробки нових достатньо надійних технологій переробки низькоякісної фосфатної сировини у добрива залишається актуальним.

Постановка завдання. Метою експерименту стало дослідження процесу розкладання озалізнених фосфоритів сумішшю нітратної та сульфатної кислот у присутності циркулюючого нітратно-фосфатного розчину у широкому інтервалі технологічних параметрів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження взаємодії залізовмісної фосфатної сировини з нітратнофосфатними розчинами проводили на зразку фосфориту наступного хімічного складу у % мас.: 24,6% P_2O_5 ; 40,8% CaO; 4,5% Fe_2O_3 ; 1,9% Al_2O_3 .

Кислотне розкладання фосфориту здійснювали в термостатованому реакторі, обладнаному мішалкою, контактним та контрольним термометрами. Перед проведенням експерименту кожна проба фосфориту усереднювалася, вилучався заданий фракційний склад (- 0,16 + 0,05 см).

У реактор заливали розраховану кількість кислого розчину (суміш нітратної та сульфатної кислот та нітратнофосфатного розчину, ідентичного зворотному розчину у виробничих умовах) та перемішували при температурі 60–100°C протягом визначеного часу (30–90 хвилин). Після закінчення процесу розкладання пульпу фільтрували за допомогою вакуум-фільтру. Осад промивали теплою водою (40–50°C).

Визначали ступінь переходу основних компонентів у рідку фазу при розкладанні вказаних фосфоритів у широкому інтервалі технологічних параметрів (сумарної норми кислот, температури,

тривалості взаємодії, співвідношення Ж:Т у суспензії). Вміст основних компонентів у сировині та продуктах визначали за відомими методиками [9].

При нітратносульфатнокислотній переробці природних фосфатів за циркуляційним методом на стадію розкладання подається зворотний нітратно-фосфатний розчин, тому були проведені досліди, що імітували безперервний процес і дозволяли встановити межі накопичення домішок у циркуляційному розчині.

В результаті експерименту встановлено, що вміст домішок у зворотному нітратнофосфатному розчині при сталому режимі не перевищує 0,52–0,57% Fe_2O_3 та 0,33–0,37% Al_2O_3 при переробці зразку, хімічний склад якого наведений вище. При цьому накопичення домішок у розчині, що циркулює, в даних межах не оказувало істотного впливу на показники процесу розкладання фосфоритів, кристалізацію сульфату кальцію і фільтрацію фосфатногіпсових суспензій. Коефіцієнт вилучення P_2O_5 у експерименті склав 96–98%, Fe_2O_3 – 40–42 %, Al_2O_3 – 61–65%.

Кількість вологого невідмитого осаду у процесі переробки фосфоритів з двохступеневою кристалізацією сульфату кальцію складала 3–6 т/м²·год. на стадії відділення фосфогіпсу з нерозчинним залишком та 8–11 т/м²·год. при відділенні фосфогіпсу, що був осаджений на II стадії фільтрації із очищеного нітратнофосфатного розчину.

Одним із основних показників процесу нітратносульфатної переробки фосфоритів є фільтрувальні властивості суспензій сульфату кальцію. Формування крупнокристалічного осаду визначається умовами зняття пересичення рідкої фази сульфатом кальцію. Тому був досліджений вплив тривалості перемішування фосфогіпсових суспензій на зміну змісту CaO у рідкій фазі та показника фільтрації суспензій, які утворювалися.

Встановлено, що зі збільшенням тривалості перемішування фосфогіпсових суспензій у тверду фазу одночасно з сульфатом кальцію випадають фосфати заліза. У результаті збільшується втрата P_2O_5 з фосфогіпсом (рис. 1) і погіршуються фільтрувальні властивості останнього (рис. 2).

Кількість фосфатів заліза, що виділяються в осад за однаковий проміжок часу, збільшується з підвищенням температури.

Для отримання фосфогіпсових суспензій з гарними фільтрувальними властивостями і зменшення втрат фосфору при переробці залізовмісних фосфоритів необхідно підтримувати температуру не вище 60°C, а тривалість перемішування не повинна перевищувати 60–90 хвилин.

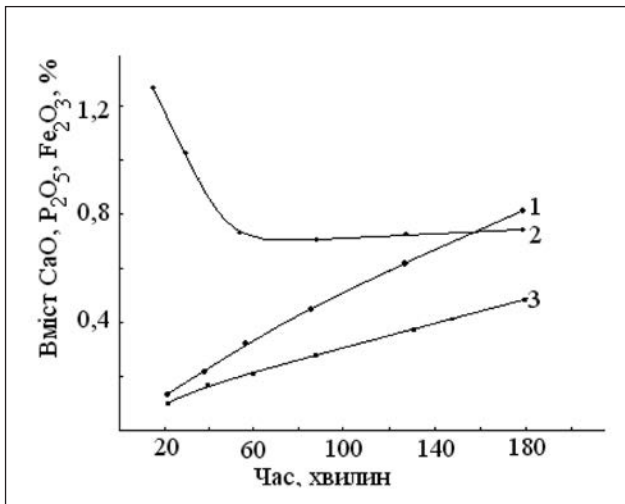


Рис. 1. Вплив тривалості перемішування суспензій на вміст P₂O₅ (1), CaO (2) в розчині та Fe₂O₃ (3) в осаді

У присутності іонів заліза та алюмінію відбувається збільшення розчинності гіпсу у нітратнофосфатних розчинах. Це дозволяє отримувати більш крупні кристали, що добре фільтруються, але веде до зниження вмісту поживних речовин у добриві внаслідок розбавлення останнього баластними з'єднаннями.

Для формування крупнокристалічного осаду сульфату кальцію треба підтримувати надлишок іонів SO₄²⁻. Отримані кристали мають переважно голчасту форму, потребують тривалого часу перекристалізації, ступінь їх відмивки не перевищує 98%. З метою поліпшення ізометричності кристалів гіпсу і зниження вмісту сульфат-іонів у продукційному розчині процес кристалізації SO₄·2H₂O потрібно здійснювати у два ступеня з введенням частки нітратнокислотної витяжки у фосфогіпсову суспензію перед її фільтрацією. В результаті поліпшуються фільтрувальні властивості гіпсу, а ступінь відмивки осаду збільшується на 1–1,5%. Також збільшується на 0,5–1,0% вміст поживних речовин в продукті внаслідок зниження в ньому баластних з'єднань.

Після відокремлення з фосфогіпсових суспензій осаду сульфату кальцію фільтруванням нітратнофосфатні розчини переробляють в добрива шляхом нейтралізації рідким амоніаком. В процесі амонізації основна кількість з'єднань заліза та алюмінію, яке міститься у розчині, переходить в осад. Процес амонізації завершується при рН = 2,5–3,0. При подальшій нейтралізації до рН 4,5–5,0 у тверду фазу випадають дикальційфосфат та магнійамонійфосфати. Ступінь переходу P₂O₅ в осад складає 35–31%.

Дослідженням твердих фаз, що утворюються в процесі амонізації, рентгенографічним та хімічним методами аналізу встановлено, що з'єднання заліза та алюмінію осаджуються у

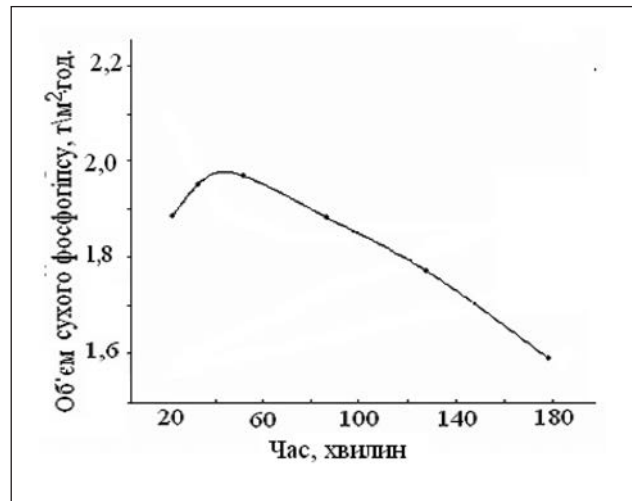


Рис. 2. Вплив тривалості перемішування суспензій на фільтрацію фосфогіпсу

виділі залізо-, алюмофосфатів амонію зі співвідношенням R₂O₃ : P₂O₅ = 1:2.

Змішенням нейтралізованих до рН = 4,5–5,0 розчинів із хлоридом калію з наступним сушінням маси, що утворилася, отримані добрива, що містили 46–50% поживних речовин з співвідношенням N:P₂O₅:K₂O=1:1:1. При цьому вміст P₂O₅ в усвоюваній формі у добриві складає 96–97%, а у водорозчинній – 72–76% від загальної кількості P₂O₅.

Висновки. Досліджено процес розкладання озалізених фосфоритів сумішшю нітратної та сульфатної кислот у присутності циркулюючого нітратнофосфатного розчину у широкому інтервалі технологічних параметрів (температура 60–100°C, тривалість процесу 30–90 хвилин).

Циклічними дослідженнями встановлений вплив накопичення домішок на процес розкладання фосфатної сировини та розділення фосфоровмісних суспензій. Вміст домішок у нітратнофосфатному розчині при стабілізації режиму не перевищує 0,5–0,6% Fe₂O₃ та 0,3–0,4% Al₂O₃. Накопичення домішок у вказаних межах суттєво не впливає на процес розкладання фосфоритів та кристалізацію сульфату кальцію. Осадження гіпсу у два ступені дозволяє отримувати чистий фосфогіпс, придатний для конверсії у сульфат амонію.

Встановлений вплив тривалості перемішування фосфогіпсових суспензій на зняття пересиченості рідкої фази по сульфату кальцію та показників фільтрації. Показано, що одночасно з сульфатом кальцію при збільшенні тривалості перемішування і зростанні температури у тверду фазу випадають фосфати заліза.

Змішуванням нейтралізованих амоніаком до рН = 4,5–5,0 розчинів із хлоридом калію отримано добриво з вмістом поживних речовин 46–50%.

Список літератури:

1. Пляцук Л.Д., Вакал С.В., Андриенко Н.И. Методы переработки природных фосфатов. Вестник СумДУ. 2006. № 5. С. 108–115.
2. Ларичева Л.П., Спицына Л.А., Мигура С.И. Кислотное разложение фосфоритов с повышенным содержанием полуторных оксидов. Scientific journal "Progressive researches "Science & Genesis". Prague (Czech Republic). 2014. P. 63–65.
3. Молдабеков Ш.М., Жантасов К.Т., Жанмолдаева Ж.К., Алтыбаев Ж.М. Кинетика разложения низкокачественных фосфоритов фосфорной кислотой и получение двойного суперфосфата циклическим способом. Современные наукоемкие технологии. 2013. № 11. С. 107–112;
4. Василінич Т. Дослідження процесу взаємодії природних фосфатів з гідросульфатами лужних металів. Вісник ТНТУ. 2011. Том 16. № 3. С. 237–242.
5. Лапінський А.В. Теоретичні та практичні передумови попередньої хімічної обробки фосфоритів з підвищеним вмістом домішок. Наукові і матеріалознавчі проблеми хімії фосфору і його неорганічних сполук : тези доп. VI наук.-техн. семінару по фосфору «Фосфор України-93». Львів : ЛДУ. 1993. С. 32.
6. Рищенко И.М., Белогур И.С., Ратушная Л.Н., Савенков А.С. Исследование возможности кислотной переработки нетрадиционного фосфатного сырья. Вестник НТУ «ХПИ». 2003. № 11. С. 115–118.
7. Дмитриевский Б.А., Ярош Е.Б., Дахил Е., Цветков С.К. О переработке сирийских фосфоритов нитратнокислотным методом. Известия. 2007. № 2. С. 30–32.
8. Белогур И.С., Рищенко И.М., Савенков А.С., Ратушна Л.Н. Азотнокислотна переробка фосфоритів України. НТУ «ХПИ». 2005. № 125. С. 33–36.
9. Кувшинников И.М., Макаревич В.М., Левшина А.А., Ошерович Р.Х. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. М. : Химия. 1975. 218 с.

Larycheva L.P., Chernenko Ya.M., Pchenko S.A., Babenko A.V. PROCESSING OF IRON-CONTAINING PHOSPHORITES BY NITRATOSULPHATE ACID TECHNOLOGY

The process of decomposition of phosphorites with a high content of iron oxides by a mixture of nitric and sulfuric acids in the presence of circulating nitrate phosphate solution was investigated. The experiments of the interaction of iron-containing phosphate raw materials with nitrate-phosphate solutions on a sample of phosphate ore of the following chemical composition in wt. %: 24.6% P_2O_5 ; 40.8% CaO ; 4.5% Fe_2O_3 ; 1.9% Al_2O_3 was carried out.

It was found that the content of impurities in the reverse nitrate phosphate solution under steady state does not exceed 0.52–0.57% Fe_2O_3 and 0.33–0.37% Al_2O_3 . Within these limits, the accumulation of impurities in the circulating solution does not have a significant effect on the performance of the phosphorite decomposition process. The extraction coefficient of P_2O_5 in the experiment was 96–98%, Fe_2O_3 – 40–42%, Al_2O_3 – 61–65%.

With an increase in the duration of mixing of phosphogypsum suspensions, simultaneously with calcium sulfate iron phosphates precipitate in the solid phase. As a result, the loss of P_2O_5 with phosphogypsum increases and the filtering properties of the latter deteriorate. The amount of iron phosphate precipitated over the same period of time increases with increasing temperature.

Studies have shown that in order to obtain phosphogypsum suspensions with good filtering properties and to reduce phosphorus losses during the processing of iron-containing phosphorites, it is necessary to maintain a temperature of no higher than 60 °C, and the mixing time should not exceed 60–90 minutes.

The solubility of gypsum in nitrate phosphate solutions in the presence of iron and aluminum ions increases. This allows you to get larger, well-filtered crystals. However, this leads to a decrease in the nutrient content of the fertilizer due to dilution with ballast compounds. To form a coarse-grained precipitate of calcium sulfate an excess of SO_4^{2-} ions it is necessary to maintain. The degree of washing the crystals does not exceed 98%.

The solutions obtained in the experiment with liquid ammonia to pH = 4.5–5.0 were neutralized. By mixing the solutions neutralized with ammonia with potassium chloride, a fertilizer with a nutrient content of 46–50 % was obtained.

Key words: acid processing of phosphorites, nitrate-sulfate-acid technology, ammonization of nitrate-phosphate solutions, supersaturation of solutions, crystallization of calcium sulfate.

УДК 66.093.3

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/11>**Лобойко В.О.**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Товажнянський Л.Л.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Кобзєв О.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Сінческул О.Л.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ВПЛИВ ПРОМОТОРІВ ЛУЖНОГО ХАРАКТЕРУ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КАТАЛІЗАТОРА КОНВЕРСІЇ КАРБОН (II) ОКСИДУ ВОДЯНОЮ ПАРОВОЮ

Каталітична конверсія карбон (II) оксиду з водяною парою є одним із основних процесів в інтегрованих хімічних технологіях переробки вуглеводнів на продукти зв'язаного азоту. Від активності і стабільності каталізаторів, що використовуються в цьому процесі, залежить глибина переробки CO з H₂O.

У цих дослідженнях наведено фізико-хімічні характеристики, такі як питома поверхня, міцність, розподіл пор за ефективними радіусами, активність, кислотність каталізатора низькотемпературної конверсії CO, промотованого лужною добавкою, який має підвищену активність порівняно з існуючим. На основі аналізу цих показників ця інтерпретація ролі лужного промотора в підвищенні якості цього каталізатора. У статті доведено, що використання промотора лужної природи RNa з масовою часткою 0,5% приводить до покращення фізико-хімічних характеристик каталізатора низькотемпературної парової конверсії карбон (II) оксиду. Встановлено, що за умови такого промотування зменшується концентрація Купруму на поверхні цього контакту. Під час прожарювання за температури 225°C протягом 7 год зменшення уявної щільності супроводжується збільшенням питомого об'єму пор з ефективним радіусом від 100 до 500 Å до 65,3%. Така структура каталізатора дає змогу максимально використовувати внутрішню поверхню контакту і збільшити швидкість реакції. Крім того, механічна міцність каталізатора, промотованого лужною добавкою RNa з масовою часткою 0,5%, є на рівні промислового аналога НТК-4.

Досліджено питому поверхню цього каталізатора. Її значення склало 81,0 м²/г проти 70,1 м²/г для НТК-4. Дослідний каталізатор має більшу кислотність поверхні. Визначено його активність у реакції низькотемпературної парової конверсії CO. Вона збільшилася на 19,1%. Ступінь перетворення карбон (II) оксиду досягла 91,3%, а для НТК-4 ця величина відповідає 72,2%. Встановлено, що максимальна питома константа швидкості досягається за умови вмісту лужного промотора в каталізаторі на рівні 0,5% мас.

Ключові слова: конверсія, каталізатор, карбон оксид, амоніак, водень, промотор.

Постановка проблеми. Каталітична конверсія карбон (II) оксиду водяною парою є невіддільною частиною процесу одержання технічного водню, основного компонента синтез-газу (азото-водневої суміші) для виробництва амоніаку. В технології цього процесу нині використовують оксидні ферум-хромові каталізатори, промотовані купрум (II) оксидом. Останній дає змогу в 1,5 рази підвищити їхню активність. Враховуючи те, що хімічна промисловість України використовує дорогий імпортований природний газ,

а також і той факт, що ці каталізатори перед експлуатацією потребують проведення особливих енерго- і трудомістких технологічних операцій, які призводять до підвищення собівартості кінцевого продукту – амоніаку, стає дуже важливою підтримка конкурентоспроможності вітчизняних виробництв амоніаку. Подібне подорожчання для українських виробників в умовах жорсткої боротьби на світовому ринку продуктів великого неорганічного синтезу є неприйнятним. У зв'язку з цим науково-дослідні роботи, які пов'язані з під-

вищенням активності та селективності каталізаторів і, як наслідок, зі зменшенням енерговитрат у виробництві такого великотоннажного експорт-орієнтованого продукту, як амоніак, викликають неабиякий інтерес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гетерогенний каталіз є настільки складним, що дослідження, які присвячено вивченню каталізаторів, зокрема їхньої структури, питомої поверхні та інших фізико-хімічних параметрів, мають велике значення в технологічному процесі їх виготовлення, а також під час визначення їхньої активності та селективності [1]. Авторами [2–6] встановлено, що наявність лужних домішок у складі каталізатора масовою часткою до 3% позитивно впливає на його активність. Що стосується Купруму, то раніше було встановлено, що він є компонентом, відповідальним за формування активних центрів каталізатора парової конверсії карбон (II) оксиду [7].

Постановка завдання. Деякі з властивостей каталізаторів, без сумніву, є незалежними параметрами, що мають прямий стосунок до каталітичної активності. З них слід виділити, наприклад, кислотність поверхневих центрів каталізатора, яка може бути пов'язана з активністю каталізатора, а також із іншими параметрами. Тому цей показник можна використовувати для спрощення теоретичного і експериментального етапів у процесах пошуків і розроблення нових каталізаторів. Оскільки свого часу під час вивчення активності дослідних зразків каталізаторів для процесу конверсії карбон (II) оксиду водяною парою було встановлено, що константа швидкості реакції збільшується практично вдвічі під час введення до складу каталізатора лужного промотора в кількості 0,5% мас., то, безперечно, певний науковий інтерес викликає з'ясування його ролі у збільшенні каталітичної активності, наприклад низькотемпературного каталізатора. У межах роботи було здійснено спробу викласти прямі і непрямі кореляції між загальними властивостями каталізаторів і їхніми каталітичними характеристиками.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження, що були проведені нами, стосувалися вивчення впливу різних фізико-хімічних параметрів на активність зразків каталізатора конверсії карбон (II) оксиду водяною парою після промотування їх добавками лужного характеру.

З цією метою було обрано два зразки каталізаторів: стандартний типу НТК-4 та дослідний, що містить 0,5% мас. лужного промотора, який має найвищу активність у реакції низькотемператур-

ної конверсії карбон (II) оксиду з водяною парою. Зразки каталізаторів попередньо піддавалися термічній обробці в муфельній печі на повітрі в інтервалі температур від 30 до 260°C протягом семи годин. Структурні і фазові зміни, які відбуваються при цьому в зразках каталізаторів, були досліджені з використанням різних фізико-хімічних методів.

Наприклад, отримані дані електронної мікроскопії показали, що обидва зразки каталізатора до термообробки за 225°C і після неї складаються із системи, розміри пор яких і структура значно змінюються. Обидва зразки каталізаторів містять такі елементи його основи: Cu, Zn, Cr, Al, а також домішки від вихідної сировини, такі як Mn, K, Ca, Mg, Fe, Ba і інші. Крім того, у дослідному зразку каталізатора також виявлена промотуюча добавка Na, яку спеціально вводять.

Згідно з літературними даними [7], елементом, відповідальним за формування активних центрів цього каталізатора, є Купрум. Тому якщо порівняти мас-спектри елементів двох дослідних зразків каталізаторів, то можна зробити висновок, що введення в каталізатор цього промотора призводить до зміни покриття поверхні каталізатора основним елементом, який відповідає за активність – купрумовмісними сполуками (табл. 1).

З цих даних можна зробити висновок, що концентрація Купруму на поверхні каталізатора, що містить промотуючу добавку, зменшується. Це може бути пов'язано з утворенням нових поверхневих купрумовмісних сполук через реакції, які протікають у процесі приготування каталізатора та підвищують активність каталізатора. Тому на поверхні каталізатора і з'являється Натрій, який вводили в зразок як активатор.

Якщо порівняти результати аналізів поверхні зразків каталізаторів із даними про ступінь перетворення конверсії карбон (II) оксиду водяною парою за різних температур, які були отримані в лабораторних умовах, то вони свідчать про те, що в умовах проведення реакції, наприклад, за 200°C, ступінь перетворення становить 91,3% на дослідному зразку каталізатора з масовою часткою RNa 0,5%, тоді як на стандартному контакті типу НТК-4 ця величина відповідає 72,2%. Отже, активність дослідного зразка за вказаної температури більше на 19,1%.

Що стосується досліджень уявної щільності зразків каталізаторів (рис. 1), то залежно від термічної обробки її зменшення (крива 1) для зразка каталізатора з масовою часткою RNa 0,5% супроводжується збільшенням питомого об'єму пор (табл. 2).

Якщо подивитися на зміну цих параметрів для стандартного катализатора марки НТК-4, то його уявна щільність порівняно з дослідним зразком за фіксованої температури прожарювання більше, а питомий об'єм пор менше (табл. 2), що істотно впливає на розподіл пор за ефективними радіусами. Як впливає з цих даних, дослідний зразок катализатора має більше 65% транспортних пор із розміром від 100 до 500 Å, тоді як стандартний НТК-4 – 50%, тобто дослідний зразок має більш однорідну тонкопористу структуру, а саме в таких порах і протікає ця реакція. Ці положення добре узгоджуються зі зв'язком оптимальної пористої структури з активністю катализатора, яка вперше була відзначена академіком Г.К. Боресковим [8]. Така структура катализатора дає змогу максимально використовувати внутрішню поверхню контакту і збільшити швидкість реакції, що спостерігається і в цьому випадку.

З іншого боку, визначена механічна міцність (табл. 3) дослідного зразка трохи вища, ніж у стандартного (відповідно 33,3 і 31,8 МПа за температури прожарювання 225°C). Це пояснюється тим, що зі збільшенням у катализаторі кількості пор малого розміру механічна міцність зростає і, навпаки, з ростом кількості великих пор вона зменшується. У цьому випадку кількість дрібних пор (до 500 Å) в дослідному зразку становить 76,3%, тоді як у стандартного їх 63,2%.

Під час дослідження цих зразків катализаторів слід зазначити, що їхніми важливими фізико-хімічними характеристиками є питома поверхня, кислотність і константа швидкості. Отже, було отримано значення питомої поверхні зразків катализаторів (рис. 2), що містять різну частку промотора, та стандартного НТК-4. Найбільшу питому поверхню має зразок із масовою часткою RNa 0,5% (табл. 4).

Однак таке її значення може бути лише однією з підстав, що підтверджують підвищення активності через зростання питомої поверхні. Тому наступний етап досліджень полягав у визначенні кислотності зразків катализаторів [8; 9] із різною

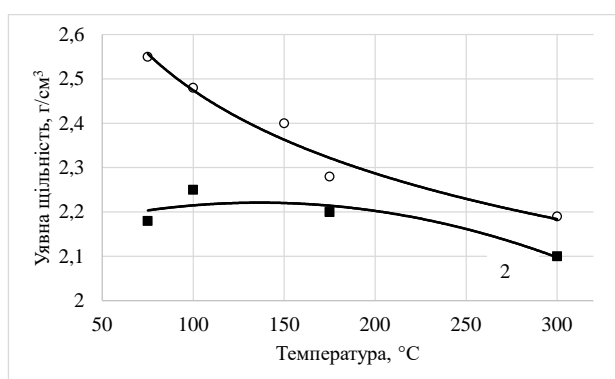


Рис. 1. Залежність уявної щільності зразків катализаторів від температури прожарювання: (1) – дослідний зразок катализатора, НТК-4+0,5 % RNa; (2) – стандартний зразок, НТК-4

Таблиця 1

Рентгеноспектральний аналіз зразків катализаторів на растровому електронному мікроскопі РЕМ-100У

Зразок	Масова частка елементу, %										
	Na	Mg	Al	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Ba
НТК-4	–	0,15	9,9	0,02	0,25	7,1	0,05	0,02	27,2	5,6	0,03
НТК-4+RNa	0,3	0,15	9,9	0,02	0,25	7,0	0,04	0,03	26,9	5,5	0,03

Таблиця 2

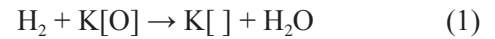
Пориста структура катализаторів і розподіл пор за ефективними радіусами

Зразок катализатора	Питомий об'єм пор, м³/г	Розміри пор, Å					
		90-100	100-250	250-500	500-1000	1000-10000	більше 10000
		Ефективний радіус пор, $\frac{\text{мм}^3/\text{г}}{\%}$					
НТК-4 (сушка за 30°C 5 год)	260	$\frac{36}{13,9}$	$\frac{42}{16}$	$\frac{76}{29,2}$	$\frac{78}{30,2}$	$\frac{21}{8,0}$	$\frac{7}{2,7}$
НТК-4 (прожарювання за 225°C 7 год)	250	$\frac{33}{13,2}$	$\frac{43}{17,2}$	$\frac{82}{32,8}$	$\frac{72}{29,0}$	$\frac{16}{6,2}$	$\frac{4}{1,6}$
НТК-4 + 0,5 % RNa (сушка за 30°C 5 год)	259	$\frac{31}{12,0}$	$\frac{119}{45,9}$	$\frac{58}{22,4}$	$\frac{24}{9,3}$	$\frac{19}{7,3}$	$\frac{8}{3,1}$
НТК-4 + 0,5 % RNa (прожарювання за 225°C 7 год)	254	$\frac{28}{11,0}$	$\frac{117}{46,1}$	$\frac{49}{19,2}$	$\frac{39}{15,4}$	$\frac{16}{6,3}$	$\frac{5}{2,0}$

масовою часткою RNa (0,3–3,0% мас.). Ця методика передбачає, що під час зміни активності зразків каталізаторів у стандартних умовах надають можливість оцінити порівняльну кислотність їхньої поверхні і порівняти її зі спостережуваною активністю (рис. 2). Якщо проаналізувати зміну кислотності від масової частки промотора RNa в каталізаторі, то ця залежність має яскраво виражений екстремум, відповідно до зразка, що містить 0,5% мас. RNa та має і найвищу активність. Зі збільшенням концентрації RNa в каталізаторі, кислотність зменшується, причому дуже різко за умови масової частки RNa $\geq 1,0$ % мас. і більше, що відповідає і падінню його активності. Отже, ці дані також підтверджують, що найвища активність каталізатора відповідає зразку, що містить 0,5% мас. RNa і має максимальну кислотність.

Дуже важливим джерелом інформації про каталітичну активність каталізатора є також величина енергії зв'язку Оксигену з поверхнею. Як її кінетичну характеристику використовують швидкість відновлення цієї поверхні воднем. А оскільки

реакція відновлення протікає з розривом зв'язку поверхневого кисню з каталізатором, тому чим більша швидкість відновлення, тим слабкішим буде пов'язаний кисень і навпаки. Процес відновлення зразків каталізатора в реакторі протікає за схемою:



і швидкість відновлення описують рівнянням першого порядку:

$$-\frac{dP_{\text{H}_2}}{d\tau} = k \cdot P_{\text{H}_2}, \quad (2)$$

де k – константа швидкості реакції;

P_{H_2} – парціальний тиск (концентрація) водню.

Питома константа швидкості реакції відновлення визначається за рівнянням:

$$k = k_{\text{num.}} \cdot S_{\text{num.}} \cdot m, \quad (3)$$

де $k_{\text{питт.}}$ – питома константа швидкості реакції відновлення каталізатора, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$;

$S_{\text{питт.}}$ – питома поверхня зразка каталізатора, $\text{м}^2/\text{г}$;

m – маса зразка каталізатора, г.

Якщо це рівняння підставити у вираз для швидкості реакції відновлення каталізатора (2), то отримаємо таку залежність:

$$-\frac{dP_{\text{H}_2}}{d\tau} = k_{\text{num.}} \cdot S_{\text{num.}} \cdot m \cdot P_{\text{H}_2}. \quad (4)$$

Після відповідних перетворень (поділу змінних і інтегрування) отримуємо рівняння:

$$k_{\text{num.}} = \frac{2,3 \cdot (\lg P_{\text{H}_2}^0 - \lg P_{\text{H}_2})}{S_{\text{num.}} \cdot m \cdot \tau}, \quad (5)$$

де τ – час, с.

Тоді енергія зв'язку q_s визначається так:

$$q_s = 1 / k_{\text{num.}}. \quad (6)$$

Використовуючи рівняння (5) розраховано питому константу швидкості відновлення зразків

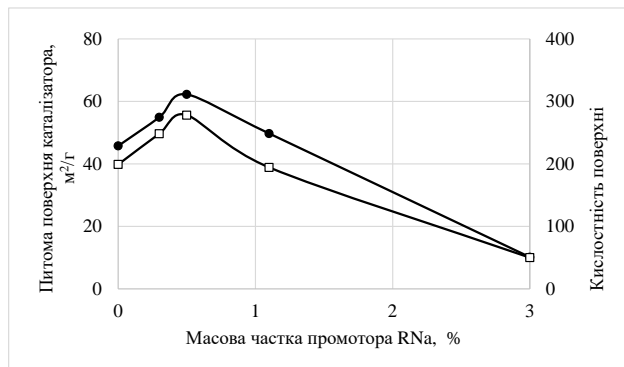


Рис. 2. Залежність питомої поверхні (1) та кислотності (2) від масової частки промотора RNa в зразку каталізатора

Таблиця 3

Механічна міцність зразків каталізаторів

Температура прожарювання, °С	Механічна міцність, МПа	
	НТК-4	НТК-4 + 0,5 % RNa
30	12,7	12,3
150	21,5	27,0
225	31,8	33,3
300	28,5	26,1

Таблиця 4

Значення питомої поверхні зразків каталізаторів

Зразки каталізатора	Стандартний НТК-4	НТК-4 + 0,5 % RNa	НТК-4 + 1,0 % RNa	НТК-4 + 3,0 % RNa
Питома поверхня, м²/г	70,1	81,0	54,0	45,0

каталізаторів, стандартного НТК-4 і дослідного залежно від масової частки RNa (від 0,3 до 3% мас.).

Зворотна величина питомої константи швидкості реакції служить мірою енергії зв'язку кисню з поверхнею каталізатора. За отриманими даними побудовано діаграму (рис. 3), з якої випливає, що зі збільшенням масової частки RNa до 0,3% питома константа швидкості поступово зменшується, а енергія зв'язку дещо зростає.

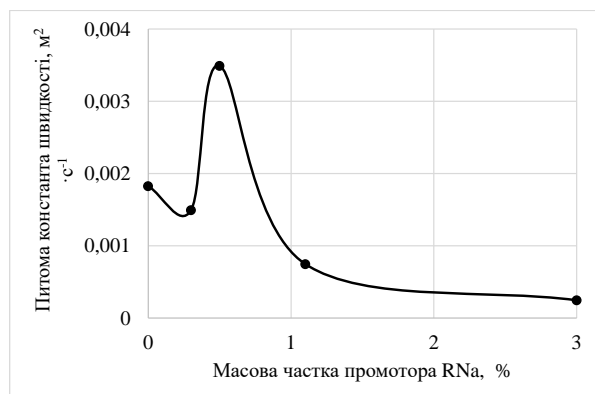


Рис. 3. Залежність питомої константи швидкості ($k_{шт.}$) та енергії зв'язку (q_s) від масової частки промотора RNa в зразках

Далі $K_{шт}$ різко збільшується і досягає максимуму за умови вмісту промотора в каталізаторі 0,5% мас., який відповідає мінімальній енергії зв'язку Оксигену, а за подальшого збільшення

концентрації промотора до 3,0% мас. енергія зв'язку зростає, що, імовірно, пов'язано з фазовими змінами, які відбуваються в каталізаторі. Вони впливають на значення енергії зв'язку Оксигену з поверхнею каталізатора. Згідно з механізмом реакції конверсії карбон (II) оксиду водяною парою, який свого часу був запропонований М.І. Тьомкіним зі співробітниками [10] і трактується як почергове відновлення поверхні каталізатора, що має оксидну форму, воднем, а потім її окислення CO до CO₂. Це призводить до розриву зв'язку Оксиген – каталізатор. Закономірно, що й селективність каталізатора визначається енергією зв'язку поверхневого Оксигену каталізатора, що підтверджується цими дослідженнями.

Висновки. Отже, встановлено, що за умови введення до складу каталізатора парової конверсії CO (НТК-4) промотора лужної природи, зменшується концентрація Купруму на його поверхні. Оптимальна масова частка RNa цієї добавки становила 0,5%. Такий зразок каталізатора має найбільшу питому поверхню (81,0 м²/г проти 70,1 м²/г для НТК-4) і має максимальну кислотність та активність на рівні 91,3%, а також більше 65% транспортних пор із розміром від 100 до 500 Å. Крім того, його механічна міцність є на рівні промислового аналога НТК-4. Встановлено, що максимальна питома константа швидкості досягається за умови вмісту лужного промотора в каталізаторі на рівні 0,5% мас.

Список літератури:

1. Гороховатський Я.Б. Розвиток досліджень з каталізу в Академії наук УРСР. *Вісник АН УРСР*. 1975. № 11. С. 32–39.
2. Атрощенко В.И., Лобойко А.Я., Куденко Г.А. Исследование кинетики конверсии оксида углерода с парами воды на железохромовом катализаторе со щелочными добавками. *Химическая технология*. 1971. № 19. С. 9–13.
3. Кинетика гетерогенно-каталитических процессов под давлением / под ред. В.И. Атрощенко. Киев: Высшая школа, 1974. 170 с.
4. Лобойко А.Я., Михайлова Е.И., Маркова Н.Б., Бутенко А.Н., Ворожбян М.И., Синческул А.Л., Гармаш Б.К. История, проблемы и перспективы железохромового катализатора конверсии оксида углерода (II). *Вопросы химии и химической технологии*. 2007. № 6. С. 116–128.
5. Бутенко А.М., Синческул О.Л., Лобойко В.О., Маркова Н.Б. Аналіз можливості використання імовірних промоторів каталізатора СТК. *Вісник АН НТУ «ХП»*. 2010. № 11. С. 8–12.
6. Синческул О.Л., Лобойко В.О., Бутенко А.М. Фізико-хімічні дослідження каталізатора СТК, який не містить сполук Сульфору. *Вісник АН НТУ «ХП»*. 2011. № 6. С. 3–10.
7. Калчев М.Г., Андреев А.А., Зотов Н.С. Конверсия монооксида углерода водяным паром на катализаторах CuO/ZnO. *Кинетика и катализ*. 1995. Т. 36. № 6. С. 894–901.
8. Boreskov G.K., Ivanov I.I., Ilyinich O.M. Influence of alkaline promoters on the selectivity of vanadium catalyst in the oxidation of o-xylene to phthalic anhydride. *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*. 1975. Vol. 3. № 1. P. 1–8.
9. Гончарук В.В. Фізико-хімічні основи підбору каталізаторів кислотного типу. Киев: Наукова думка, 1991. 211 с.
10. Кулькова Н.В., Тьомкін М.И. Кинетика реакции конверсии оксида углерода водяным паром. *Журнал физической химии*. 1949. № 23. С. 48–51.

Loboyko V.O., Tovazhnyanskyy L.L., Kobziev O.V., Sincheskul O.L.

THE EFFECT OF THE ALKALINE PROMOTERS ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE CO-SHIFT CONVERSION CATALYST

CO-shift conversion is one of the main processes in integrated chemical technologies for the processing of hydrocarbons into bound nitrogen products. The efficiency of this reaction depends on the activity and stability of catalysts used in this process. These studies provide physical and chemical characteristics such as specific surface area, strength, pore distribution over effective radius, activity, acidity of the catalyst's surface. An interpretation of the role of the alkaline promoter in improving the quality of the low temperature shift (LTS) catalyst is given. It is proved in the article that the use of the alkaline promoter RNA with a mass fraction of 0.5% improves physical and chemical characteristics of the LTS catalyst. It is found out that such promotion decreases the Copper concentration on the surface of this contact. During the calcination at 225°C for 7 hours, the decrease in apparent density is accompanied by an increase in the specific pore volume with an effective radius of 100 to 500 Å up to 65.3%. This catalyst structure makes it possible to maximize the use of the internal contact surface and increase the reaction rate. In addition, the mechanical strength of the catalyst promoted by an alkaline additive RNA with a mass fraction of 0.5% corresponds to the industrial catalyst LTS-4. The specific surface of this catalyst was also investigated. Its value was 81.0 m²/g compared to 70.1 m²/g for LTS-4. The experimental sample had a higher acidity of the surface. Its activity in the LTS conversion was determined. It increased by 19.1%. The CO conversion rate reached 91.3%, and 72.2% for LTS-4. It was determined that the maximum specific rate constant is reached with the mass content of alkaline promoter in the catalyst up to 0.5%.

Key words: conversion, catalyst, carbon monoxide, ammonia, hydrogen, promoter.

УДК 669.054.8:669.27

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/12>**Малышев В.В.**

Открытый международный университет развития человека «Украина»

Залюбовский М.Г.

Открытый международный университет развития человека «Украина»

Габ А.И.

Открытый международный университет развития человека «Украина»

Шахнин Д.Б.

Открытый международный университет развития человека «Украина»

Косенко В.А.

Открытый международный университет развития человека «Украина»

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ВОЛЬФРАМА И ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ НА ЕГО ОСНОВЕ (ЧАСТЬ 1: ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ГАЗАМИ И ПЕРЕРАБОТКА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ)

Розглянуто способи та технології переробки відходів вольфраму і сплавів на його основі шляхом фізико-механічної обробки, обробки відходів газами та переробки у водних розчинах. Наведено дані щодо технологій електроерозійного розмелювання, «цинкового» методу, окиснювального відпалу, хлорування, фторування, обробки в кислих і лужних розчинах, сорбції, мікробіологічного вилучення. Спосіб електроерозійного розмелювання дає змогу отримувати порошки з розміром частинок до 5 нм. «Цинковий» метод дає змогу відокремити карбід вольфраму і кобальт. Метод окиснювального відпалу з наступним карботермічним відновленням в атмосфері водню дає змогу одержувати порошки WC-Co з розміром частинок до 0,5 мкм. Методи фторування та хлорування вторинної сировини дають змогу досягти ступеня вилучення вольфраму до 70%. Кінцевим продуктом методу обробкою фтором можуть бути порошки, покриття та компактні вольфрамові вироби. Перспективним є метод термічного перетворення під впливом концентрованого випромінювання, яке імітує сонячне нагрівання. Метод дифузійного входження газуватого цинку в тверді сплави дає змогу збільшити швидкість процесу переробки в 4,5 рази. Екологічно безпечними слід вважати методи селективного вилучення вольфраму з промислових стоків і біовилучування адаптованими бактеріями. Цікавим є екологічно чистий та економічний метод вилучення нанопорошків кобальту з відходів твердих сплавів вилучуванням із наступним отриманням сферичних нанопорошків надзвуковим піролізом бризок. Ефективним екологічно безпечним і ресурсозбережним методом є кислотне розчинення окремих компонентів у вторинному середовищі. За цим методом у розчинний стан переводять нікель і залізо, залишаючи вольфрам у твердій фазі. Визначено, що застосування певної технології зумовлено складом і характеристиками вихідної сировини, енергозатратністю та екологічною безпечністю.

Ключові слова: відходи вольфраму, тверді сплави, переробка, ресурсозбереження, обробка газами, водні розчини.

Постановка проблеми. Вторичное сырье вольфрама представлено, в основном, отходами металлического вольфрама и его сплавов, твердых вольфрамсодержащих сплавов. В работе [1, с. 101] также указывается, что из некондиционных порошков, пылевидных и мелких кусковых отходов вольфрама можно изготавливать компактные брикеты, заменяющие ферровольфрам при производстве стали.

Известные способы и технологии переработки отходов вольфрама и сплавов на его основе условно можно классифицировать следующим образом: физико-механическая обработка, обработка отходов газами, переработка в водных растворах, переработка в расплавах, анодное растворение в водных и расплавленных электролитах.

В литературе достаточно ограниченное количество обзоров по данной тематике. В одном из

них [2, с. 38] рассмотрено развитие технологий переработки в историческом аспекте. Тематика требует дальнейшего обобщения и систематизации литературных данных.

Постановка задания. Цель работы – систематизация литературных данных по ресурсосберегающим технологиям переработки отходов вольфрама и твердых сплавов на его основе путем физико-механической обработки, обработки отходов газами и их переработки в водных растворах.

Изложение основного материала исследований.

Физико-механическая обработка твердых сплавов. Предлагаемые способы физико-механической обработки отходов твердых сплавов подробно описаны в [3, с. 18–92]. Эффективная технология электро-эрозийного размла твердосплавных материалов для промышленного применения предложена в [4]. Контроль параметров процесса размла позволяет получить порошки с размером частиц до 5 нм и площадью удельной поверхности 31,5 м²/г.

«Цинковый» метод нашел свое развитие в [5, с. 1312]. Вольфрам, содержащий отходы, обрабатывают парами цинка при температуре 650°C в течение двух часов; отходы, размером не более 30 мм, полностью растворяются. Продукт растворения состоит из карбида вольфрама и кобальта.

Оригинальный способ производства WC-Co композиционных порошков предложен в [6, с. 240]. Отходы твердосплавного инструмента окислительным обжигом переводят в оксидные композиции. Последние подвергают карботермическому восстановлению в атмосфере водорода при температуре 900°C. Способ позволяет получать порошки WC-Co с размером частиц 0,25-0,5 мкм.

Обработка отходов вольфрама и его сплавов газами. Известны технологии фторирования [7, с. 27] и хлорирования [8, с. 66] вторичного сырья вольфрама и молибдена. В патенте [9, с. 5] переработку материалов с низким содержанием вольфрама и молибдена предлагается вести путем хлорирования газообразным хлором при комнатной температуре в присутствии диметилформамида при массовом соотношении перерабатываемого материала, диметилформамида и хлора, равном 1:(20–25):(25–30). Основой метода является исключительно высокая растворимость хлора в диметилформамиде, позволяющая создать насыщенную им жидкую среду, обеспечивающую протекание процесса гидрохлорирования [10, с. 283]. Предлагаемая технология позволяет достичь степени извлечения вольфрама до 70 % (молибдена –

до 97 %), при этом процесс проходит в одну стадию и не требует подвода теплоты извне.

По-прежнему является возможным использование в качестве первой стадии переработки окислительного обжига [11, с. 2]. В нем для эффективной переработки отходов карбидсодержащих твердых сплавов было рекомендовано осуществлять окисление кислородсодержащим газом при температуре 800–900°C с последующим хлорированием хлоридом водорода при температуре 600–700°C.

Отходы твердых сплавов на основе карбида вольфрама с кобальтовой связкой, как и отходы металлического вольфрама [7, с. 65], можно перерабатывать методом фторирования элементарным фтором. В работе [12, с. 91] установлено, что в диапазоне температур 0–1702°C, кроме образования WF₆, велика термодинамическая вероятность образования CF₄, C₂F₆, CoF₃ и атомарного фтора. Рассчитаны равновесные концентрации продуктов фторирования вольфрамо-кобальтовых твердых сплавов элементарным фтором в интервале температур 0–3702°C. Переработка металлических отходов вольфрама методом фторирования элементарным фтором имеет существенные преимущества перед традиционной технологией, основанной на растворении этих отходов кислотами, получении искусственного шеелита и дальнейшей переработке его с промышленными концентратами не только в виде сокращения числа стадий, расхода реагентов и энергетических затрат, но и в получении продукта – гексафторида вольфрама. Гексафторид вольфрама используется в газофторидной металлургии, одной из самых перспективных технологий производства изделий из тугоплавких металлов, главными достоинствами которой является малая энергоемкость и универсальность. Восстановлением WF₆ водородом можно получать порошки, покрытия и компактные изделия из вольфрама.

Как отмечают авторы [13, с. 29], сплав ВК6М, как представитель группы твердых вольфрам-кобальтовых сплавов, по механизму термического превращения под действием концентрированного излучения, имитирующего солнечный нагрев, не проявил принципиальных отличий от поведения других сплавов этой группы, в достаточной мере близких по химическому составу. Доказано, что трехразовое превышение габаритных размеров объекта нагрева относительно «горячей» (рабочей) зоны при достаточно высокой теплопроводности материала не является предостережением для успешной его термической пере-

работки. Авторы утверждают, что полученные количественные кинетические и энергетические данные относительно превращения материала под влиянием концентрированного излучения, имитирующего солнечную энергию, могут служить ориентиром для проектирования экономически оправданного технологического процесса с использованием солнечных печей.

В работе [14, с. 17] предлагается диффузионное внедрение газообразного цинка в твердые сплавы типа ВК. Метод позволяет увеличить скорость процесса в 4,5 раза, а удельный расход электроэнергии снизить в два раза. Кроме того, технология не предусматривает использование инертных газов.

Переработка отходов вольфрама и его сплавов в водных растворах. Трехстадийный процесс извлечения вольфрама и ванадия из отходов вольфрамовых сплавов применительно к ванадию описан в работе [15, с. 18–76]. Вольфрам из таких сплавов извлекают на заключительном этапе технологической схемы [16, с. 5]. Вначале осуществляют конверсию ранее осажденного и выщелоченного от ванадия CaWO_4 в H_2WO_4 разложением соляной кислотой при температуре 80°C . Затем полученную вольфрамовую кислоту растворяют в избытке NH_4OH и осаждают качественный паравольфрамат аммония упариванием раствора по стандартной технологии.

Порошковый сплав «вольфрам-серебро» применяют при производстве электрических контактов. По технологии [17, с. 1819] для рециклирования компонентов сплава использовали четырехстадийный процесс: выщелачивание серебра, обжиг, второе выщелачивание серебра и аммонийное выщелачивание вольфрама. Извлечение серебра и вольфрама составило более 99%, при этом серебро извлекают в виде мелкого металлического порошка с размером частиц 0,3–0,6 мкм, а вольфрам – в виде чистого WO_3 .

Отходы вольфрам-медного композиционного материала, также используемого для электрических контактов, можно перерабатывать различными методами. В патентах [18, с. 3, 19, с. 3] предлагается использовать метод хлорирования с двумя разновидностями. По патенту [18, с. 3] лом вольфрам-медного сплава обрабатывали соляной кислотой и через раствор пропускали газ, содержащий хлор. При этом медь полностью переходит в раствор, а вольфрам остается в осадке в виде порошка. В патенте [19, с. 3] для обработки лома используют 3–12 н соляную кислоту, содержащую NaCl , при температуре $40\text{--}100^\circ\text{C}$. Образующийся

при растворении в соляной кислоте CuCl_2 взаимодействует с медью с образованием малорастворимого CuCl , что тормозит растворение меди. Однако в присутствии NaCl при одновременном осаждении порошкового вольфрама однохлористая медь полностью переходит в раствор.

Эффективный способ селективного извлечения вольфрама из промышленных стоков, содержащих ионы тяжелых металлов, предложен в патенте [20, с. 4]. Способ включает сорбцию катионов вольфрама (VI) на микропористом анионите марки АМ-26 при коррекции заданного значения $\text{pH} < 5$, при этом перед сорбцией анионит обрабатывают водой, раствором кислоты или щелочи.

В работе [21, с. 67] показана возможность биовыщелачивания различных металлов, в том числе вольфрама, из отработанных катализаторов крекинга нефти. В качестве микроорганизмов использовали адаптированные бактерии *Aspergillus niger*. Извлечение вольфрама из пульпы выщелачивания плотностью $1\text{--}3\text{ г/см}^3$ составляет $\sim 100\%$.

В [22, с. 127] предложен метод микробиологической деструкции твердосплавных вольфрамкобальтовых отходов производства, суть которого заключается в селективном растворении металлов в кислой среде бактериальным раствором сульфата трехвалентного железа, выполняющего функции диспергирующей жидкости, растворителя, окислителя, а также являющейся средой обитания автотрофных тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans*, с последующим выделением основных компонентов сплава – карбида вольфрама в нерастворимый осадок и переводом кобальта в раствор. Разработана методика эксперимента, состоящая из трех этапов: подготовительный, бактериальное выщелачивание и выделение ценных компонентов перерабатываемого сплава. На основании результатов исследования установлено, что наиболее эффективным и экономически выгодным способом отделения железа от кобальта является способ осаждения аммиаком при оптимальном значении водородного показателя $\text{pH } 5,0$. Полученные порошки исследованы рентгеноструктурным экспресс-анализом на спектрометре Elvax light. Чистота полученных порошков: карбида вольфрама – 95,2%, кобальта – 89,8%.

Если регенерируемый твердый сплав содержит заметное количество цинка, может быть применена следующая технология [23, с. 59]. На первом этапе отходы подвергают вакуумной обработке при температуре 850°C в течение 2–3 ч при давлении менее 1,33 кПа, при этом содержание

цинк снижается до менее 1%. После этого при $pH = 0,7$ выщелачивают кобальт и осаждают его в форме оксихлорида с извлечением 97%. В результате получают материал следующего состава, %: W 84,5; С 6,8; Со 0,2; Zn 0,03, пригодный для повторного использования.

Одна из технологий [24, с. 148] после проведения окислительного обжига лома твердосплавных шарошечных долот предусматривает выщелачивание кобальта 30-40 % раствором H_2SO_4 , отделение вольфрамового кека и упаривание раствора с осаждением сульфата кобальта. Качество получаемых $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ и $WO_3 \cdot H_2O$ (или, после очистки последнего, H_2WO_4) отвечает техническим требованиям на соответствующую продукцию. Извлечение вольфрама и кобальта в товарные продукты составляет ~ 90 %. Технология не требует применения дефицитных и дорогостоящих реагентов и оборудования.

Способ, заявленный в патенте [25, с. 7], может быть использован для переработки как лома, так и порошкообразных и пылевидных отходов вольфрамокобальтовых твердых сплавов. Способ заключается в обработке исходного сырья раствором окислителя (гипохлорита натрия) в щелочной среде и разделении вольфрама (в виде твердого осадка вольфрамовой кислоты) и кобальта (в виде солевого раствора) введением смеси, полученной после окисления, в раствор нагретой соляной кислоты с последующей фильтрацией. При этом обработку окислителем ведут при температуре 20–50°C, а разделение вольфрама и кобальта при температуре соляной кислоты – 50–100°C.

Экологически чистый и экономический метод извлечения нанопорошков кобальта из отходов твердых сплавов WC-Co предложен в [26, с. 345]. Метод включает в себя выщелачивание отходов в растворах азотной кислоты с последующим получением сферических нанопорошков сверхзвуковым пиролизом брызг. Степень выщелачивания кобальта достигает 91,5%, удельная поверхность частиц – 1,1 м²/г. После выщелачивания порошки кобальта размером 300-700 нм получают из растворов $Co(NO_3)_2$ сверхзвуковым пиролизом брызг. Эти порошки находят свое применение в качестве термоэлектрических металлов, наноманетиков, наносенсоров и наноструктурированных металлов WC-Co.

Две технологии переработки отходов твердых сплавов предложены в работах [27, с. 63; 28 с. 329]. В работе [27, с. 65] описана экологически чистая технология регенерации отходов твердых сплавов, содержащих WC, TiC, TaC, NbC, хром, ванадий и кобальтовую связку (8–15% Со). Процесс

основан на селективном выщелачивании измельченных до среднего размера частиц ~ 10 мкм отходов растворами CH_3COOH концентрации 3,6–8,7 М в следующем режиме: температура – 40–80°C, расход кислорода – 25–80 г/ч, продолжительность – до 12 суток. В данных условиях кобальт практически полностью переходит в раствор CH_3COOH и его содержание в скрапе снижается до 0,07%. Карбидные составляющие твердого сплава (WC, TaC и др.) остаются в кеке выщелачивания, а ванадий, хром и железо также переходят в раствор CH_3COOH . Из полученного раствора кобальт (до 90 г/л) может быть количественно выделен, например, оксалатным осаждением в виде CoC_2O_4 .

В работе [28, с. 330] предложена многостадийная технология, предназначенная для переработки шлифовального шлама состава, %: WC = 78,67; Со = 10,13; SiC = 1,68; прочие карбиды – 6,8. Технологическая схема процесса включает следующие стадии:

- пиролиз при температуре 400°C в течение 3 ч в атмосфере азота для удаления из шлама органики, масла и влаги;

- азотнокислое выщелачивание связки (Со, Fe, Ni) при температуре 50°C с 20% избытком HNO_3 , Т:Ж = 1:5 (кг/л) в течение 5 ч при перемешивании; остаток содержит, %: W(WC) = 86,35; Со = 2,95; карбиды – на прежнем уровне;

- окислительный обжиг для перевода карбидов в оксиды при температуре 500°C при подаче воздуха 60 л/ч в течение 3 ч;

- аммиачное выщелачивание WO_3 при температуре 70°C, концентрации NH_4OH 6%, Т:Ж = 1:5 (г/л) в течение 90 минут; полученный раствор паравольфрамата аммония упаривали, получая кристаллы $(NH_4)_{10}(H_2W_{12}O_{42}) \cdot 4H_2O$, которые в результате прокаливания при температуре 450°C разлагаются, образуя WO_3 с содержанием примесей, млн⁻¹: Со 235, Cr 32, Nb 18, Та 5. Выход триоксида вольфрама – 88%, кобальта – 71%.

Высокоэффективный энергосберегающий и экологически чистый способ регенерации отходов твердых сплавов WC-Co предложен в [29, с. 178]. Способ включает автоклавное выщелачивание отходов в растворе $HCl - H_3PO_4 - HNO_3$ с последующим извлечением кобальта гидротермальным растворением при температуре 110–160°C по технологиям [30, с. 2456; 31, с. 2676; 32, с. 1115].

В [33, с. 61] определено, что наиболее эффективным, экологически безопасным и ресурсосберегающим способом является кислотное растворение отдельных компонентов во вторичной

среде. Предложено переводить в растворимое состояние никель и железо, оставляя вольфрам в твердой фазе. На основании полученных данных по кинетике растворения установлено, что для наибольшего эффекта целесообразно использовать разбавленную азотную кислоту массовой долей не более 40%. Исследовано кинетику растворения никеля и железа, что позволило определить области протекания процесса, предложить математические модели и

установить кинетические параметры: мнимую энергию активации и константу скорости при разных температурах.

Выводы. Применение определенной технологии переработки вольфрама и твердых сплавов на его основе определяется следующими особенностями: составом исходного сырья, его степенью измельчения, областями применения конечного продукта, экологической безопасностью и энергозатратностью технологического процесса.

Список литературы:

1. Клячко Л.И., Лейтман М.С. Лом вольфрама: технология вторичной переработки и российский рынок. *Цветные металлы*. 2005. № 3. С. 101–104.
2. Ishida T., Itakura T., Moriguchi H., Ikegaya A. Development of Technologies for recycling cemented carbide scrap and reducing tungsten use in cemented carbide tools. *SEI Tech. Rev.* 2012. Vol. 75. P. 38–46.
3. Колобов Г.А. *Вторичные редкие металлы (тугоплавкие, редкоземельные, радиоактивные)*. Запорожье : ЗГИА, 2016. 244 с.
4. Rakhimyanov K., Marusina V. Perspectives of the industrial recycling of hard-alloy materials waste by electro-erosive grinding. *MATEC Web Conf.* 2018. Vol. 224. P. 6.
5. Pee J.-H., Kim G.H., Lee H.Y., Kim Y.J. Extraction Factor of Tungsten Sources From Tungsten Scraps By Zinc Decomposition Process. *Archives of Metallurgy and Materials*. 2015. Vol. 60. Issue 2B. P. 1311–1314.
6. Lee G.-G., Lin Y.S. Fabrication of WC/Co composite powder from oxide of WC/Co hard-metal scrap by carbothermal reduction process. *J. Korean Powder Metall. Inst.* Vol. 25. No. 3. P. 240–245. DOI: 10.4150/KPMI.2018.25.3.240.
7. Королев Ю.М., Агноков Т.Ш., Сви́дерский М.Ф. и др. Фторидная схема переработки металлических отходов вольфрама и молибдена. *Химия и технология молибдена и вольфрама*. Нальчик, 1983. С. 26–34.
8. Дейнека С.С., Звиададзе Г.Н. Хлоридная переработка вторичного сырья вольфрама. *Цветные металлы*. 1984. № 9. С. 65–68.
9. Способ переработки материалов с низким содержанием молибдена и вольфрама: пат. 2002839 РФ: МКИ5 С 22В 34/34. № 5054006/02; заявл. 13.07.92; опубл. 15.11.93. Бюл. № 41–42. 7 с.
10. Носкова О.А., Дробот Н.Ф., Кренин В.А. Научные основы метода переработки вторичного сырья тугоплавких металлов путем хлорирования в среде диметилформамида. *Металлургия цветных и редких металлов: Российско-индийский симпозиум (Москва, 2002)* : сб. статей. Москва, 2002. С. 282–289.
11. Способ переработки отходов редких тугоплавких металлов окислением: А.с. 528341 СССР, МПК С 22 В 7/00. № 2079163; заявл. 27.11.74; опубл. 10.09.76. 5 с.
12. Гузеева Т.И., Левшанов А.С., Макаров Ф.В. и др. Термодинамика фторирования твердых сплавов на основе карбида вольфрама фтором. *Известия Томского политехнического университета*. 2005. Т. 308. № 5. С. 90–92.
13. Пасічний В.В., Остапенко С.О., Рогозинський А.А., Фролов Г.О., Корчемна В.С. Термічна переробка відходів твердого сплаву ВК6М при нагріванні концентрованим випромінюванням. *Відновлювана енергетика*. 2016. № 2. С. 27–32.
14. Алкацев М.И., Свистунов Н.В., Троценко И.Г. Регенерация твердого сплава WC-Co с использованием газообразного цинка. *Известия вузов. Цветная металлургия*. 2008. № 3. С. 17–21.
15. Елютин А.В., Колобов Г.А., Давыдов С.И., Печерица К.А. *Вторичные тугоплавкие редкие металлы (цирконий, гафний, ванадий, ниобий, тантал)*. Запорожье : Просвита, 2012. 120 с.
16. Luo L., Kejun L., Shibayama A. et al. Recovery of tungsten and vanadium tungsten alloy scrap. *Hydrometallurgy*. 2004. Vol. 72. No. 1–2. P. 1–8.
17. Qi W., Deda L., Yuanping X., Quanfa Z. Process of recycling of silver and tungsten from scrap of contact alloys Ag-W. *Rare Metals Mater. and Eng.* 2011. Vol. 40. No. 10. P. 1817–1821.
18. Извлечение меди и вольфрама из лома электрических контактов: заявка 57-110629 Япония: МКИ С 22 В 15/08. заявл. 27.12.80; опубл. 09.07.82, 6 с.
19. Извлечение металлов из лома сплавов медь-вольфрам: заявка 57-114627 Япония: МКИ С 22 В 15/08. заявл. 29.12.80; опубл. 16.07.82, 7 с.
20. Селективное извлечение вольфрама (VI): пат. 2253687 РФ: МПК7 С 22 В 34/36, 3/24. № 2003126718/02; заявл. 02.09.03; опубл. 10.06.05, 8 с.
21. Amiri F., Yaghmaei S., Mousavi S.M., Sheibani S. Recovery of metals from spent refinery hydrocracking catalyst using adapted *Aspergillus niger*. *Hydrometallurgy*. 2011. Vol. 109. No. 1–2. P. 65–71.

22. Чайка Т.В., Дербасова Н.М., Гавриш В.М. Исследования разделения карбида вольфрама и кобальта в результате микробиологической деструкции вольфрамкобальтовых отходов. *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. Серія : *Машинобудування*. 2013. № 3. С. 125–130.
23. Liu X., Xu S., Wang K. Recycling of wastes of WC-Co alloys. *Nonferrous Metals*. 2003. Vol. 55. No. 3. P. 59–61.
24. Николаев А.И., Майоров В.Г., Копков В.К. Малоотходная технология твердосплавного материала с получением соединений кобальта и вольфрама. *Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр* : мат-лы II Междунар. конф., г. Москва, 15–18 сентября 2003 г. Москва : Изд-во РУДН, 2003. С. 148–149.
25. Способ извлечения и разделения производных вольфрама и кобальта: пат. 2190678 РФ: МПК7 С 22 В 34/36,3/10. № 2001126928/02; заявл. 05.10.01; опубл. 10.10.02, 9 с.
26. Gurmen S. Recovery of nanosized cobalt powder from cemented carbide scrap. *Turkish J. Eng. Env. Sci.* 2005. Vol. 29. P. 343–350.
27. Edtmaier C., Schiesser R., Meissl C. et al. Selective removal of the cobalt binder in WC/Co based hardmetal scraps by acetic leaching. *Hydrometallurgy*. 2005. Vol. 76. No. 1–2. P. 63–71.
28. Angerer T., Luidold S., Antrekowitsch H. Technologien zum Recycling von Hartmetallschrotten. *Tell. 3. Erzmetall*. 2011. Vol. 64. No. 6. P. 328–330.
29. Korablov S.F. Regeneration of Hard Alloy Wastes by Low Energy Consumption and Environmentally Friendly Hydrothermal Technology. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2015. Т. 16. № 1. С. 176–180.
30. Xie B.-Q., Qian Y., Zhang S., Fu S., Yu W. A Hydrothermal Reduction Route to Single Crystalline Hexagonal Cobalt Nanowires. *European Journal of Inorganic Chemistry*. 2006. Vol. 12. P. 2454–2459.
31. Li Y.D., Li L.Q., Liao H.W., Wang H.R. Preparation of pure nickel, cobalt, nickel–cobalt and nickel–copper alloys by hydrothermal reduction. *J. Mater. Chem.* 1999. Vol. 9. P. 2675–2677.
32. Zhu L.-P., Xiao H.-M., Zhang W.-D., Yang Y., Fu S.-Y. Synthesis and Characterization of Novel Three-Dimensional Metallic Co Dendritic Superstructures by a Simple Hydrothermal Reduction Route. *Cryst. Growth Des.* 2008. Vol. 8. No. 4. P. 1113–1118.
33. Резніченко Г.М., Бутенко А.М. Розробка екологічно безпечної й ресурсозберігаючої технології переробки вторинної сировини зі складним вмістом полівалентних металів. *Науково-технічний журнал «Техніко-екологічна безпека»*. 2017. Вип. 1. С. 61–67.

Malyshev V.V., Zaliubovskiy M.G., Gab A.I., Shakhnin D.B., Kosenko V.A.
RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES FOR PROCESSING OF WASTE OF TUNGSTEN AND SOLID ALLOYS ON ITS BASE (PART 1: PHYSICO-MECHANICAL TREATMENT BY GASES AND PROCESSING IN AQUEOUS SOLUTIONS)

Methods and technologies of tungsten waste treatment and alloys based on it by physico-mechanical treatment, gas treatment, and processing in aqueous solutions are considered. The data on technologies of electroerosion milling, “zinc” method, oxidative annealing, chlorination, fluorination, treatment in acidic and alkaline solutions, sorption, and microbiological extraction are given. The electroerosion milling method allows obtaining powders with a particle size of up to 5 nm. The “zinc” method makes it possible to separate tungsten carbide and cobalt. The oxidative annealing method, followed by carbothermal reduction in a hydrogen atmosphere, enables the production of WC-Co powders with a particle size up to 0.5 μm. Methods of fluorination and chlorination of secondary raw materials allow achievement of a degree of extraction of tungsten up to 70%. The end product of the fluorine treatment method may be powders, coatings, and compact tungsten products. A method of thermal conversion under the concentrated radiation action simulating solar heating is promising. The method of diffusion entry of gaseous zinc into solid alloys allows increasing the processing rate by 4.5 times. The methods of selective extraction of tungsten from industrial effluents and bioleaching with adapted bacteria should be considered environmentally safe. An environmentally friendly and economical method of extracting cobalt nanopowders from solid alloy wastes by leaching, followed by the production of spherical nanopowders by supersonic spray pyrolysis, is of interest. Acidic dissolution of individual components in the secondary environment is an effective, environmentally friendly, and resource efficient method. By this method, nickel and iron are converted into the soluble state, leaving the tungsten in the solid phase. It is determined that the use of certain technology is due to the composition and characteristics of raw materials, energy costs, and environmental safety.

Key words: tungsten waste, solid alloys, processing, resource conservation, gas treatment, aqueous solutions.

УДК 664.346

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/13>**Юрченко С.О.**

Національний університет харчових технологій

Бабенко В.І.

Національний університет харчових технологій

Бахмач В.О.

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОКУ ЖУРАВЛИНИ ЯК КОНСЕРВАНТА В РЕЦЕПТУРАХ МАЙОНЕЗІВ

Для розробки ягідного соусу емульсійної природи за основу береться сировина вітчизняного виробництва – сік журавлини *Vaccinium sect. Oxococcus* з високим вмістом антиоксидантів і кисло-солодким смаком. Така плодово-ягідна сировина має унікальний хімічний склад і є одним з найбагатіших джерел вітамінів, поліфенольних сполук, мінеральних і біологічно активних речовин. Дикоростуча плодово-ягідна сировина є надійним джерелом перерахованих вище корисних біологічно активних компонентів без використання штучних консервантів, барвників і ароматизаторів. У роботі доведено доцільність використання журавлинного соку в технології майонезу як смако-ароматичної добавки і консерванта. Розроблено та апробовано рецептуру майонезу «Журавлинний» з вмістом жиру не менше 70%, що за зовнішнім виглядом являє собою однорідний сметанообразний продукт без вкраплень бульбашок повітря, має щільну консистенцію і не розпливається. Введення журавлинного соку в кількості 5,0% дозволяє прогнозувати збільшення терміну придатності розробленого майонезу через підвищення вмісту цінних органічних кислот у ньому. Отримані результати дослідження розробленого майонезу «Журавлинний» за показниками кислотності і стійкості емульсії свідчать, що їх значення повністю відповідають вимогам чинного стандарту. Доведено стабільність показників кислотності і стійкості емульсії розробленого майонезу протягом 5 тижнів зберігання порівняно з майонезом «Провансаль». За результатами проведеної дегустації розроблений майонез «Журавлинний» отримав високу споживчу оцінку, що не поступається результатам продукт-контролю. Використання соку з плодів журавлини дозволить підвищити біологічну цінність майонезної продукції, залучить до використання нові види сировини та розширить асортимент майонезних соусів на вітчизняному ринку.

Ключові слова: майонез, консервант, сік журавлини, стійкість емульсії, дегустаційна оцінка.

Постановка проблеми. Можливості розвитку асортименту майонезів і майонезних соусів пов'язані зі збільшенням їх харчової цінності і зниження енергетичної цінності завдяки направленій зміні рецептурного складу – вдосконалення жирової фази, введення вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон і інших фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів. Нові види соусів на основі майонезу все більш активно відвойовують свою частину ринку. Їх обсяги зростають набагато швидше, ніж обсяги попиту на традиційний майонез. Під час вибору майонезу українські споживачі насамперед звертають увагу на його властивості (колір, смак, жирність), ціну та упаковку (зручність використання й економічність).

Можливості розвитку асортименту майонезів і майонезних соусів пов'язані зі збільшенням їх

харчової цінності і зниженням енергетичної цінності завдяки направленій зміні рецептурного складу – вдосконаленню жирової фази, введенню вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон і інших фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів. Нові види соусів на основі майонезу все більш активно відвойовують свою частину ринку. Їх обсяги зростають набагато швидше, ніж обсяги попиту на традиційний майонез.

Аналіз ситуації, що склалася на продовольчому ринку України, свідчить, що асортимент плодово-ягідних соусів вкрай вузький та представлений здебільшого продукцією преміум-класу. Виробництво ординарних соусів є нерентабельним, оскільки в рецептурі традиційно використовуються дорогі імпорتنі інгредієнти: загусники, ароматизатори тощо. Використання сировинилишевітчизняноговиробництвадозволить

знизити собівартість плодово-ягідних соусів та задовольнити попит населення.

Під час розробки плодово-ягідних соусів за основу доцільно використовувати сировину вітчизняного виробництва. Перспективним є використання соку журавлини з високим вмістом антиоксидантів і кисло-солодким смаком. Така плодово-ягідна сировина має унікальний хімічний склад і є одним з найбагатших джерел вітамінів, поліфенольних сполук, мінеральних і біологічно активних речовин, які необхідні для підтримки нормального функціонування організму людини. Дикоростуча плодово-ягідна сировина може стати джерелом перерахованих вище корисних біологічно активних компонентів без використання штучних консервантів, барвників і ароматизаторів. Технологія виробництва майонезного соусу дозволяє зберегти вітаміни та інші біологічно активні компоненти, які містяться у вихідній сировині. В зв'язку з вищесказаним можна зробити висновок, що використання соку з плодів журавлини дозволить підвищити біологічну цінність майонезної продукції, залучить до використання нові види сировини та розширить асортимент майонезних соусів на вітчизняному ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні і практичні аспекти з переробки плодово-ягідної сировини систематизовані в роботах сучасних вчених С.Н. Хабарова, В.М. Позняковського, Л.А. Маюрнікової, Т.Ф. Кисельової, В.А. Помозовой та інших. Значний інтерес представляють прикладні дослідження цих авторів з розробки продуктів харчування масового попиту на основі рослинної сировини. Однак вказаний напрям має перспективи подальшого розвитку шляхом залучення нових джерел рослинної сировини і сучасних інноваційних методів і способів її комплексної переробки.

Формулювання цілей статті. Майонези та майонезні соуси призначені для безпосереднього вживання в їжу як приправи до салатів і різних страв, для використання в кулінарії та на підприємствах ресторанного господарства, а також як самостійний продукт для готування бутербродів та десертів. Майонези використовують переважно як добавку для поліпшення смаку і засвоюваності продуктів. Розробка майонезів з додаванням соку журавлини дозволить розширити асортимент майонезів як функціональних продуктів, зокрема в кулінарії та ресторанному господарстві.

Виклад основного матеріалу. Крім рослинної олії та води, до складу традиційних майонезів входять яєчні продукти, гірчиця, цукор, сіль, оцет та прянощі. Смакові добавки, які використовуються в майонезах та соусах, включають в себе підсолджуючі, підсолюючі, підкислюючі і регулюючі кислотність, смакові, смако-ароматичні і пряні речовини.

Нами запропоновано використання соку з ягід журавлини як консервуючої і підкислюючої добавки в рецептурі майонезу. Сік журавлини є цінним джерелом глюкози, фруктози, великої кількості пектинів. Головною кислотою в журавлині є лимонна кислота, також вона містить яблучну, хінну, бензойну, журсолову, хлорогенову, бурштинову і щавлеву кислоти. Найціннішою з них є урсолова через її генетичну і структурну подібність з деякими важливими людськими гормонами. Тому використання соку журавлини під час виготовлення майонезу дозволить отримати консервуючий ефект та збагатить продукт вітамінами та іншими мікронутрієнтами.

Майонез готують шляхом емульгування попередньо підготовлених компонентів, продукт представляє собою емульсію типу «олія у воді».

За класичною рецептурою майонез «Провансаль» виготовляється на основі яєчних продуктів

Таблиця 1

Рецептури майонезних емульсій

№ п/п	Назва компонента	Майонез «Провансаль»	Майонез «Журавлинний»
1	Масова частка соняшникової рафінованої дезодорованої олії, %	70,0	70,0
4	Масова частка сухого яєчного жовтка, %	1,6	1,6
5	Масова частка гірчиці готової гострої, %	3,5	3,5
6	Масова частка цукру, %	1,5	1,5
7	Масова частка кухонної солі, %	1,0	1,0
8	Масова частка оцту, %	4,0	-
	Масова частка лимонної кислоти у вигляді моногідрата, %	0,1	0,1
9	Масова частка соку журавлини	-	5,0
10	Масова частка води, %	до 100%	до 100%

і гірчичного порошку, які виконують роль смакових компонентів і емульгаторів та стабілізаторів емульсії. Перевагою запропонованого майонезу «Журавлинний» є використання природного консерванта – журавлиного соку, що дозволяє вилучити з рецептури традиційно застосовуваний оцет.

Якість майонезу визначається за органолептичними та фізико-хімічними показниками. З органолептичних показників визначають: зовнішній вигляд, консистенцію, смак і запах, колір. Майонез відповідно до вимог нормативних документів повинен являти собою сметаноподібний продукт, з поодинокими бульбашками повітря та часточками прянощів, приправ і гірчиці (у разі їх внесення) відповідно до технічного опису майонезу конкретного найменування. Колір майонезу повинен бути білим або кремово-жовтим, однорідним по всій масі з відтінками, зазначеними в технічному описі. Смак і запах повинні відповідати технічному опису на конкретний вид продукту.

Незважаючи на свою суб'єктивність, органолептичний аналіз дозволяє швидко і просто оцінити якість сировини, напівфабрикатів і кулінарної продукції, виявити порушення рецептури, технології виробництва та оформлення страв, що своєю чергою дає можливість оперативно вжити заходів стосовно усунення виявлених недоліків. У виготовлених зразках майонезу визначали органолептичні показники, представлені в таблиці 2.

Оцінка проводилася по описовому методу і була доповнена розробленою спеціально для цього п'ятибальною шкалою. Досліджувані зразки майонезного соусу оцінювалися за чотирма показниками якості: «відмінно», «добре», «задовільно» і «погано». Оцінці «погана якість» завжди відповідає нуль балів, оскільки цією оцінкою визначається рівень якості, а не ступінь придатності продукту для цілей використання.

Зразки виготовлених майонезів зберігали протягом 5 тижнів і перевіряли зміну показників їх якості протягом терміну зберігання. До складу

Таблиця 2

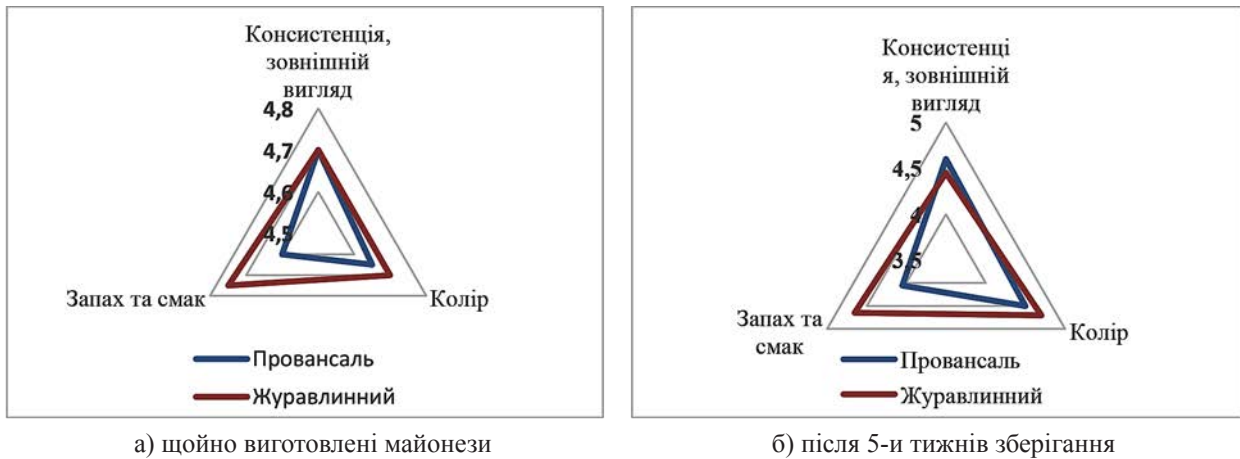
Органолептичні показники майонезу з додаванням природних консервантів

№ п/п	Назва показника	Характеристика майонезу	
		«Провансаль»	«Журавлинний»
1	Консистенція, зовнішній вигляд	Однорідний густий	Однорідний густий
2	Смак та запах	Виразений кислуватий, притаманний майонезу «Провансаль»	Нижній пікантний, притаманний майонезу з відтінком ягід журавлини
3	Колір	Жовтувато-кремовий	Білий з рожевим відтінком

Таблиця 3

Характеристика показників якості

Показники	Характеристика показників за рівнями якості		
	відмінно (5 балів)	добре (4–2)	задовільно (1)
1. Смак і запах	Притаманний емульсійному продукту конкретної комерційної (фірмової) назви відповідно до технічного опису. Смак злегка гострий, кислуватий, з запахом і присмаком внесених смакових добавок		
		Допускається невиражений або сильно виражений смак добавок	
2. Зовнішній вигляд, консистенція	Однорідний густий (сметано- або кремоподібної консистенції) продукт. Допускаються поодинокі бульбашки повітря відповідно до технічного опису на емульсійний продукт конкретної комерційної (фірмової) назви. Дозволено наявність часток спецій, овочів, смакових добавок, прянощів, вкраплень від гірчиці відповідно до ТО на емульсійний продукт конкретної комерційної (фірмової) назви		
		Допускається злегка нерівномірний розподіл добавок	Допускається більш рідка або злегка в'язка і желеподібна консистенція
3. Колір	Однорідний густий (сметано- або кремоподібної консистенції) продукт. Допускаються поодинокі бульбашки повітря відповідно до ТО на емульсійний продукт конкретної комерційної (фірмової) назви.		
			Колір надмірно інтенсивний



а) щойно виготовлені майонези

б) після 5-и тижнів зберігання

Рис. Органолептична оцінка якості зразків майонезів:
а) щойно виготовлених та б) після 5-и тижнів зберігання

Таблиця 4

Зміна показників якості зразків майонезів під час зберігання в холодильнику протягом 5 тижнів

№ п/п	Назва майонезу	Найменування показників	Час зберігання, тижні					
			0	1	2	3	4	5
1	«Провансаль»	Кислотність у перерахунку на оцтову кислоту, %	0,47	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53
		Стійкість емульсії, % незруйнованої емульсії	100	100	100	100	100	100
2	«Журавлинний»	Кислотність у перерахунку на лимонну кислоту, %	0,15	0,17	0,22	0,23	0,24	0,25
		Стійкість емульсії, % незруйнованої емульсії	100	100	100	100	100	100

дегустаційної комісії входили 20 волонтерів молодого та середнього віку, чоловіки та жінки.

Майонез «Провансаль» за зовнішнім виглядом являє собою емульсійний продукт однорідної сметаноподібної консистенції, без вкраплень бульбашок повітря. Цей зразок має щільну консистенцію, не розтікається. Бальна оцінка за показником «Зовнішній вигляд і консистенція» відповідає рівню «добре». Цей зразок майонезу має однорідний, злегка кремовий колір. Смак зразка характерний, кисло-солодкий, злегка гострий, гармонійний. Присутній легкий оцтовий запах.

Відмінності смаку і запаху були здебільшого спричинені наявністю соку журавлини, що зумовило колір та особливий смак майонезу «Журавлинний». Майонез «Журавлинний», за зовнішнім виглядом являє собою однорідний сметанообразний продукт без вкраплень бульбашок повітря. Майонез має щільну консистенцію, не розпливається. Бальна оцінка за показником «Зовнішній вигляд і консистенція» відповідає відмінному рівню якості. Досліджуваний зразок має білий колір з рожевим відтінком внесених добавок. Смак з кислинкою, з відтінком ягід журавлини, без салистого присмаку.

Важливою проблемою під час виробництва майонезу є стабілізація емульсії. Для стійкості висококалорійних майонезів достатньо тільки емульгатора. В якості основних емульгуючих компонентів використовуються такі різновиди яєчних продуктів: яєчний порошок, продукт яєчний гранульований, яєчний жовток сухий. Вміст яєчних продуктів в майонезі залежно від рецептури коливається від 1,5 до 6%. Для надання менш стійким середньо- і низькокалорійним майонезним емульсіям довготривалої стійкості і збереження їх від розшарування (при тривалому зберіганні, при зміні температурних режимів, при транспортуванні) в рецептури вводять стабілізатори.

Показником стійкості емульсії майонезів служить кількість жиру, що виділився з майонезу за сильного механічного і теплового впливу.

У зразках майонезів під час зберігання в умовах холодильника (за температури близько 10°C) визначили основні фізико-хімічні показники: стійкість емульсії (%) та кислотність у перерахунку на оцтову та лимонну кислоти (%), які представлені в таблиці 4.

Встановлено зростання величини кислотності протягом 5 тижнів зберігання майонезів за температури 10°C. Кислотність не нормується ДСТУ 4487:2005. Протягом усього досліджуваного терміну обидва зразки характеризувались максимальним значенням стійкості емульсії (100%). Кислотність зразку майонезу «Провансаль» вища порівняно з розробленим майонезом «Журавлинний». Одержаний результат підтверджується органолептичною оцінкою, за результатами якої відмічено виражений кислий смак зразку.

Висновки. Доведено доцільність використання журавлинного соку в технології майо-

незу як смако-ароматичної добавки та консерванта. Введення соку з журавлини в кількості 5,0% дозволяє прогнозувати збільшення терміну придатності розробленого майонезу через підвищення вмісту цінних органічних кислот у ньому. Отримані результати дослідження розробленого майонезу «Журавлинний» за показниками кислотності і стійкості емульсії свідчать, що їхні значення повністю відповідають вимогам чинного стандарту. За результатами проведеної дегустації розроблений майонез «Журавлинний» одержав високу споживчу оцінку.

Список літератури:

1. Позняковский В.М. Цапалова И.Э., Губина М.Д., Голуб О.В. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений. Качество и безопасность : учебно-справочное пособие. Новосибирск : Сибирское университетское издательство. 2010. 220 с.
2. Шаурина О.С. Обзор рынка майонезной продукции. *Масложировая промышленность*. 2015. № 1. С. 17–19.
3. Шахова М.Н. Пищевые добавки в производстве эмульсионных жировых продуктов. *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*. 2015. № 1. С. 72–74.
4. Пешук Л.В., Радзієвська І.Г. Нові майонези з оптимізованим рецептурним складом. *Продукты & Ингредиенты*. 2012. № 2 (88). С. 50–52.
5. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник. Москва : ДеЛипринт. 2007. 236 с.
6. Смертина Е.С. Разработка рецептур и технологии майонезных соусов с использованием нетрадиционного сырья. *Масложировая промышленность*. 2013. № 5. С. 29–31.
7. Пат. на кор. мод. 134225 Україна, МПК А23L 27/60 (2016.01). Журавлинний майонезний продукт / Бабенко В.І., Бахмач В.О., Юрченко С.О. ; власник Національний університет харчових технологій. № u201811711; заявл. 28.11.18 ; опубл. 10.05.19, Бюл. № 9/19.

Yurchenko S.J., Babenko V.I., Bakhmach V.O. INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF CRANBERRY JUICE AS A PRESERVATIVE IN MAYONNAISE FORMULATIONS

For development of berry sauce of emulsion nature raw materials of domestic production – cranberry juice Vaccinium sect. Oxycoccus with high content of antioxidants and sour-sweet taste were used as a basis. This fruit and berry raw material has a unique chemical composition and is one of the richest sources of vitamins, polyphenolic compounds, minerals and biologically active substances. Wild-growing fruit and berry raw materials are a reliable source of the above useful biologically active components without the use of artificial preservatives, dyes and fragrances. The expediency of using cranberry juice in mayonnaise technology as a flavoring additive and preservative is proved in the work. The recipe for cranberry mayonnaise with fat content of at least 70% has been developed and tested, which in appearance is a homogeneous creamy product without air bubbles, has a dense consistency and does not blur. The introduction of cranberry juice in the amount of 5.0% can predict an increase in the shelf life of developed mayonnaise due to the increase in the content of valuable boundary acids in it. The results of the study of the developed cranberry mayonnaise according to the acidity and stability of the emulsion indicate that their values fully meet the requirements of the current standard. The stability of acidity and emulsion stability of developed mayonnaise during 5 weeks of storage in comparison with Provencal mayonnaise is proved. According to the results of the tasting, the developed cranberry mayonnaise received a high consumer rating, which is not inferior to the results of product control. The use of cranberry juice will increase the biological value of mayonnaise products, attract new raw materials and expand the range of mayonnaise sauces in the domestic market.

Key words: mayonnaise, preservative, cranberry juice, emulsion stability, tasting evaluation

ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 637.521.4-021.632:613.98

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/14>

Азарова Н.Г.

Одеська національна академія харчових технологій

Шлапак Г.В.

Одеська національна академія харчових технологій

Гарбазій К.С.

Одеська національна академія харчових технологій

НЕТРАДИЦІЙНІ ІНГРЕДІЄНТИ В М'ЯСНИХ ПРОДУКТАХ ГЕРОДІЄТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Продукти геродієтичного спрямування повинні задовольняти потреби людей літнього віку поживними речовинами, здатними виконувати енергетичну, імуностимулюючу функції і певною мірою поліпшити самопочуття, настрій. Одна із головних функцій у підвищенні енергетичної цінності в м'ясних продуктах належить білкам, що є головним складником клітин усіх органів і тканин організму. Однак, асортимент м'ясних товарів із високим вмістом білків, що належать до продуктів геродієтичного призначення, невеликий. З урахування цього, актуальним завданням для харчової промисловості є розроблення м'ясних продуктів, зокрема котлет, що відповідають вимогам раціонального харчування для людей похилого віку. З метою зменшення вмісту холестерину, а також збереження високих енергетичних та органолептичних властивостей у м'ясних продуктах, призначених для літніх людей, в їх рецептурі котлетне м'ясо з яловичини або свинину жирну, а також хліб частково замінили на нетрадиційну сировину: на масу з грибів гливи і вівсяні висівки. Грибна маса з гливи і вівсяні висівки характеризуються високою кількістю рослинного білку зі збалансованим амінокислотним складом, що свідчить про перспективність їх використання у рецептурі м'ясних напівфабрикатів, призначених для людей літнього віку.

Наведені результати фізико-хімічного складу січених напівфабрикатів при заміні різних видів м'яса на грибну масу, хліба на вівсяні висівки показали, що додавання нетрадиційних інгредієнтів у рецептуру призводить до руйнування м'ясних фаршевих систем і зниження їх функціонально-технологічних властивостей.

На основі комплексного аналізу фізико-хімічних і органолептичних властивостей розроблених м'ясних продуктів порівняно з нормативними вимогами до їх якості автори дійшли висновку, що січені напівфабрикати можливо виготовити зі зниженим вмістом жиру, при цьому співвідношення білків рослинного і тваринного походження в них має рекомендаційний характер, що дає змогу віднести їх до продукції геродієтичного призначення.

Ключові слова: геродієтичне харчування, м'ясо, гриби, білок, січені напівфабрикати.

Постановка проблеми. Проблема раціонального харчування різних груп населення має сьогодні велике соціально-економічне значення. Важливе місце у вирішенні цього питання належить м'ясній галузі харчової промисловості, позаяк саме м'ясо і його компоненти за рахунок своєї високої енергетичної цінності і функціональних властивостей знаходять широке використання у виробництві продуктів харчування.

Для літніх людей харчування обмежується, в основному, вживанням солодощів, хліба і жиро-

вмісних продуктів. Загальноприйняте співвідношення білків, жирів і вуглеводів складає як 1:1:4 відповідно, а для людей похилого віку рекомендується як 1:0,8:3,5 [1, с. 152]. Також бажано, щоб харчові продукти, які використовуються для харчування літніх людей, мали мінімальну кількість жиру, що пов'язано з введенням холестерину. Потрібно знижувати вживання хлібобулочних виробів, що призводить до зростання маси тіла при малорухомому образі життя. Таким чином, організація раціонального харчування для людей

похилого віку має велике соціальне значення, при цьому м'ясні вироби для цієї групи мають відносно невеликий асортимент. Для задоволення потреби людини в їжі необхідно створювати м'ясні продукти, які одночасно мають високі енергетичні та органолептичні властивості. У зв'язку з цим робота направлена на розробку рецептури і технології комбінованих продуктів на м'ясній основі геродієтичного харчування і є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Геродієтика має самостійне направлення, яке пов'язане з біологічною роллю кількості і якості харчів у процесі передчасного старіння [2, с. 64]. Старіння характеризується повільним зниженням обмінних процесів, які покладені в основу життєдіяльності організму, що виражається у зменшенні інтенсивності білкового обміну, накопичуванні ліпідних компонентів у тканинах, зниженню активності ферментів.

Відповідно до аналізу літературних даних, розробленням м'ясних продуктів з частковою заміною на нетрадиційну сировину геродієтичного спрямування займаються чимало науковців. У якості нетрадиційних інгредієнтів для виробництва м'ясних напівфабрикатів використовують кукурудзяну крупу з пророщених зерен кукурудзи, пророщену квасоллю [3, с. 39], спеції з особливим ароматом [4, с. 8], білково-мінеральний збагачувач геродієтичний, отриманий шляхом ферментативного протеолізу та кальцинування рубця великої рогатої худоби [5, с. 65], грибку масу [6, с. 8], насіння гарбуза, порошок водоростей, льон, шрот, клітковину пшениці [7, с. 241]. Однак, у більшості досліджень проаналізовано фізико-хімічні властивості розроблених продуктів та наведено їх фізіологічне значення для людини без наведення органолептичних параметрів, що є визначальними в харчуванні. Крім того, використання духмяних спецій у великих кількостях, таких як материнку або м'яту, в рецептурі фрикадельок може призвести до погіршення смакових властивостей січених м'ясних напівфабрикатів [4, с. 9].

Постановка завдання. Мета роботи – розробка рецептури м'ясних продуктів для геродієтичного харчування з використанням нетрадиційної сировини, зокрема грибів гливи і вівсяних висівок.

Виклад основного матеріалу дослідження. При виборі контрольного зразка враховували вік споживачів, а саме літніх людей (61-74 р.), більшість із яких перевагу віддають продуктам з м'якою консистенцією. Тому для проведення досліджень у якості контрольного зразка були

вибрані м'ясні січені напівфабрикати – котлети домашні. М'ясні напівфабрикати – це вироби, які максимально підготовлені для теплової обробки, зручні у приготуванні і зберіганні, продукти «високого ступеню готовності», що робить їх привабливими для літніх людей.

В галузі удосконалення структури харчування одержують розвиток тенденції, які направлені на підвищення споживчих властивостей харчових продуктів. Одним із таких напрямів є енергетична збалансованість раціону харчування і використання продуктів, які володіють легкою перетравлюваністю. Важливу роль у цьому грають білки, які є головним складником клітин усіх органів і тканин організму. При цьому співвідношення білків тваринного і рослинного походження, яке рекомендується, повинно складати як 55:45% відповідно. На основі даних хімічного складу харчових продуктів було встановлено, що у контрольного зразка, а саме котлет домашніх, кількість білків тваринного походження значно перевищує кількість рослинних білків і складає більше 80%, що не відповідає рекомендаціям. Виходячи з цього, для підвищення кількості білків рослинного походження були проведені дослідження по встановленню можливості наступної заміни сировини в рецептурі напівфабрикатів:

1) часткова заміна котлетного м'яса з яловичини і жирної свинини на гриби гливи, які мають цілий ряд корисних властивостей, часткова заміна жирної свинини у рецептурі знизить кількість жиру;

2) часткова заміна хліба на вівсяні висівки, які характеризуються більшою кількістю рослинних білків, аніж у хлібі.

Одним із перспективних напрямів у м'ясній промисловості є використання штучно культивованих грибів в якості допоміжної сировини при виробництві м'ясних виробів, оскільки гриби містять високу кількість рослинного білку зі збалансованим амінокислотним складом [8, с. 1324]. У білках плодових тіл грибів виявлено 18 амінокислот, вісім із яких є незамінними, оскільки не утворюються в організмі людини і надходять тільки з їжею. При їх недоліку гальмуються ріст і розвиток людини [9, 198]. Гриби гливи багаті лізином, треоніном і валіном, що різко відрізняє їх білки від білків рослин. Вміст ліпідів у грибах гливи невеликий, що коливається в межах 1,3-2,7% сухої маси грибів, при цьому вміст поліненасичених жирних кислот досягає 67% маси ліпідів. У плодових тілах грибів гливи вони складають 68-74% сухої маси грибів. У грибах гливи

кількість легкозасвоюваних вуглеводів, зокрема глюкоза, фруктоза, сахароза, складає 14-20%. Поліненасичені жирні кислоти не можуть синтезуватися в організмі людини, і тому вони є незамінними в раціоні харчування. Ці кислоти, в основному лінолева та арахідонова, запобігають відкладенню холестерину в стінках кровоносних судин і видаленню холестерину з організму.

Інший вид сировини, який автори використали для збагачення січених напівфабрикатів білками рослинного походження, були вівсяні висівки (ВВ). Вони мають практично всі мінерали і речовини, які необхідні для нормальної життєдіяльності організму, у тому числі 17,3% білків рослинного походження (табл. 1), тому і використовуються як важливий інгредієнт у виробництві м'ясних напівфабрикатів [11, с. 126; 12, с. 229].

Таблиця 1

Хімічний склад вівсяних висівок [10, с. 90]

Найменування речовини	Кількість, г/100г
1. Білки	17,3
2. Жири	7,03
3. Вуглеводи	66,22
4. Вода	6,55
5. Мінеральні речовини	2,89

У зв'язку з високою харчовою цінністю грибів гливи і високим вмістом рослинного білка у вівсяних висівках, були проведені дослідження по встановленню можливості часткової заміни і поєднання в одній рецептурі м'ясної (яловичини і свинини) і рослинної сировини (грибів гливи і ВВ) та створення комбінованих продуктів на м'ясної основі для геродієтичного харчування.

Дослідження проводили у два етапи в наступній послідовності:

1) на першому етапі встановлювали вплив грибної маси із гливи (ГМ) на функціонально-технологічні властивості модельних фаршевих систем із котлетного м'яса яловичини і жирної свинини; визначали вплив ГМ на органолептичні показники зразків і встановлювали найбільш раціональну кількість заміни м'ясної сировини; розробляли рецептуру комбінованих м'ясних напівфабрикатів; виготовляли контрольні та дослідні зразки і визначали їх якість;

2) на другому етапі визначали найбільшу кількість хліба, яку можливо замінити на ВВ без практичного зниження органолептичних показників: для цього готували зразки за традиційною та розробленою рецептурами і визначали їх якість.

Для визначення змін показників зразків, які досліджувались, використовували наступні загаль-

ноприйнятні методики [6]: масову долю вологи визначали методом висушування; водозв'язуючу здатність (ВЗЗ) – методом пресування за методикою Грау і Хама; граничну напругу зсуву (ГНЗ) – методом пенетрації конусним індентером; рН – потенціометричним методом; втрати при термообробці – розрахунковим методом після зважування зразків. Для органолептичної оцінки контрольних та дослідних зразків використовували 9-ти бальну систему: 9 – якість оптимальна; 8 – дуже гарна якість; 7 – добра якість; 6 – якість прийнятна; 5 – якість середня; 4 – якість небажана; 3 – якість негативна.

Для виконання поставлених завдань готували і досліджували модельні фаршеві зразки з котлетного м'яса яловичини і свинини жирної з додаванням грибів гливи (у вигляді грибної маси). Грибну масу з гливи готували наступним чином: гриби гливи після візуальної інспекції, зачищення і промивання бланшували у гарячій воді температури 85° С протягом 3-5 хвилин, потім подрібнювали до отримання грибної маси (ГМ). Характеристика грибної маси представлена у таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристика грибної маси

№ з/п	Найменування показника	Характеристика
Органолептичні показники		
1.	Зовнішній вигляд	Тонко подрібнена маса
2.	Колір	Світло-сірий
3.	Запах	Властивий грибам
4.	Консистенція	М'яка
Фізико-хімічні показники		
1.	Масова частка вологи, %	63,5
2.	ВУЗ, %	19,3
3.	ГНЗ, кПа	1,1
4.	рН	6,95

Дослідження проводили наступним чином: м'ясо подрібнювали на вовчку з діаметром отворів решітки 2-3 мм, формували контрольні та дослідні зразки і додавали до них грибну масу (крім контрольних) від 0 до 5% з інтервалом 1. Після ретельного перемішування зразки витримували 15 хв. для перерозподілу складників по усьому об'єму фаршу. Потім у зразках визначали загально прийнятими методами масову долю вологи, водозв'язуючу здатність (ВЗЗ), граничну напругу зсуву (ГНЗ) і величину втрат при термообробці. Середні значення функціонально-технологічних показників зразків, які досліджувались, порівняно з контрольними, представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Середні значення функціонально-технологічних показників модельних фаршевих систем з яловичини (а) і зі свинини жирної (б) при додаванні ГМ

Показник	Масова доля грибно́ї маси, %											
	0		1		2		3		4		5	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Масова доля вологи, %	62,3	45,4	62,6	45,7	63,4	46,3	64,2	46,8	65,3	47,5	66,0	48,4
Водоутримуюча здатність, %	53,4	42,0	52,5	41,5	51,7	40,5	51,1	39,5	50,3	38,8	49,1	38,2
Граничне напруження зсуву, кПа	1,8	1,66	1,86	1,61	1,78	1,55	1,71	1,45	1,62	1,33	1,55	1,27
Втрати при термообробці, %	18,3	20,2	18,7	20,6	19,3	21,3	20,1	22,3	20,9	23,3	22,0	24,4

Таблиця 4

Органолептичні показники напівфабрикатів при заміні котлетного м'яса з яловичини (а) і свинини жирної (б) на ГМ

№ з/п	Кількість ГМ, %	Зовнішній вигляд		Колір		Запах		Смак		Консистенція		Соковитість		Загальна оцінка	
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
1	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8,0	8
2	1	8	8	8	8	7	7	8	7	8	8	8	8	7,8	7,7
3	2	8	7	7	7	7	7	8	7	8	8	8	8	7,6	7,3
4	3	7	8	7	7	7	7	7	7	8	7	8	7	7,3	7,2
5	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7,0	6,8
6	5	7	6	7	6	7	7	6	6	6	6	6	7	6,8	6,3

Таблиця 5

Органолептичні показники напівфабрикатів при заміні частки хліба на вівсяні висівки

№ зразка	Кількість ВВ, г	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Смак	Консистенція	Соковитість	Загальна оцінка
1	0	8	8	8	8	8	8	8
2	1	8	8	7	7	8	8	7,7
3	2	7	7	7	7	8	8	7,3
4	3	8	7	7	7	7	7	7,2
5	4	7	6	7	7	7	7	6,8
6	5	6	6	7	6	6	7	6,3

Дослідження показали, що при додаванні грибно́ї маси у м'ясні фаршеві системи змінюються їх функціонально-технологічні властивості, збільшується масова доля вологості у дослідних зразках, при цьому знижується їх водоутримуюча здатність, що призводить до пом'якшення консистенції фаршу і збільшенню втрат при термообробці. Аналіз даних, які були отримані, показав, що додавання грибно́ї маси призводить до руйнування м'ясних фаршевих систем і зниження їх функціонально-технологічних властивостей.

Величину максимально допустимої кількості грибно́ї маси, яку можливо додавати до м'ясного фаршу напівфабрикатів, автори визначали по змінюванню органолептичних показників готових

виробів. Для цього готували контрольні і дослідні зразки напівфабрикатів по рецептурі котлет домашніх. У дослідних зразках частину котлетного м'яса з яловичини і жирної свинини змінювали на грибну масу від 1 до 5% з інтервалом 1 та визначали органолептичні показники.

Фарш для контрольних зразків готували змішуванням компонентів по рецептурі. Для дослідних зразків у фаршмішалку додавали подрібнений м'ясний фарш, підготовлену грибну масу і змішували дві хвилини. Потім додавали всі компоненти згідно з рецептурою і змішували до повного розподілу компонентів по об'єму фаршу. Термообробку контрольних і дослідних зразків проводили при однакових температурних

режимах. Органолептичну оцінку зразків визначали за 9-ти бальною системою (таблиця 4).

За результатами досліджень було зроблено висновок, що найбільш раціонально без практичного зниження органолептичних показників у рецептурі рубаних напівфабрикатів замінювати на масу з грибів гливи до 4% котлетного м'яса з яловичини і до 3% свинини жирної.

Для подальшого збагачення напівфабрикатів білками рослинного походження і у зв'язку з корисними властивостями, високим вмістом рослинного білка були проведені дослідження по

встановленню можливості заміни частки хліба в рецептурі котлет на вівсяні висівки.

Величину максимально допустимої кількості вівсяних висівок, яку можливо додавати (замість хліба) до м'ясного фаршу напівфабрикатів, визначали по змінюванню органолептичних показників готових виробів. Для проведення досліджень в якості контрольного були взяті напівфабрикатів до вже розробленої рецептури, яка включала грибну масу. В рецептурі дослідних зразків частину хліба замінювали вівсяними висівками від 1 до 5% з шагом 1. ВВ передчасно замочували у воді. Кількість води, яку необхідно було додати до фаршу дослідних зразків, визначали по порівнянню величин ГНЗ для дослідних і контрольних зразків. Виготовлення котлет проводили по технології, прийнятій раніше, та визначали їх органолептичні показники (табл. 5).

За результатами було встановлено, що найбільш раціонально без практичного зниження органолептичних показників замінити до 3% хліба вівсяними висівками, а саме, додавати до фаршу 10 г хліба і 3 г ВВ (на одну 100 г котлету). Також була розроблена рецептура січених напівфабрикатів – котлети геродістичні (табл. 6).

Показники якості січених напівфабрикатів із грибною масою представлені у таблиці 7.

Висновки. За результатами проведених досліджень був зроблений висновок, що заміна до 4%

Таблиця 6

Рецептура січених напівфабрикатів з додаванням ГМ і ВВ

Вид сировини	Маса сировини (на котлету у 100 г)
1. Котлетне м'ясо яловиче	
2. Свинина жилована жирна	26,8
3. Грибна маса: (1,2 г ялов., 0,9 г свин.)	28,8
4. Хліб із пшеничного борошна	2,1
5. Вівсяні висівки	10,0
5. Меланж	3,0
6. Сіль	2,0
7. Цибуля ріпчаста свіжа	1,2
7. Перець чорний	2,0
8. Сухари панірувальні	0,1
9. Вода питна	4,0
	20,0

Таблиця 7

Показники якості котлет з ГМ і ВВ – котлети геродістичні

Найменування показника	Характеристика зразків	
	контрольного (ДСТУ 4437:2005)	дослідного
1. Зовнішній вигляд	Форма котлет овальна, поверхня рівномірно панірована, без рваних і ломаних країв	
2. Вид на розрізі	Компоненти фаршу добре змішані	
3. Колір	<i>Сирих н/ф:</i> рожевий: світло рожевий із сіруватим відтінком	
4. Запах і смак	<i>Сирих н/ф:</i> запах властивий для доброякісної сировини <i>Смажених:</i> приємний смак: приємний аромат з і аромат: легким грибним: присмаком <i>Смажених котлет:</i> соковита, некрошлива	
5. Консистенція	66: 65,8	
6. Масова частка, % не більше:	18:17	
– вологи;		
– хліба з урахуванням панірувальних сухарів	1,2 – 1,5: 1,4	
– солі у сирих н/ф		

котлетного м'яса з яловичини до 3% свинини жирної на масу із грибів гливи, заміна до 3% хліба на вівсяні висівки дозволяє:

- 1) отримати січені напівфабрикати гарної якості;
- 2) підвищить кількість білків рослинного походження на 6%;
- 3) знизити кількість жиру у січених напівфабрикатах на 3,3%;
- 4) підвищити вихід продукції;

5) знизити вартість напівфабрикатів за рахунок найбільш низької ціни на гриби гливи по відношенню до м'ясної сировини.

Таким чином, розроблена рецептура дозволяє виробляти січені напівфабрикати зі зниженим вмістом жиру, а співвідношення білків рослинного і тваринного походження наближати до рекомендаційного, що дає змогу віднести січені напівфабрикати до продукції спеціального призначення.

Список літератури:

1. Касьянов Г.И. Технология продуктов питания для людей пожилого и преклонного возраста. Ростов-на-Дону : Из-во «МарТ», 2001. 192 с.
2. Смоляр В.И. Рациональное питание. Киев : Наукова думка, 1991. 368 с.
3. Гащук О.І., Хавро А.Ю. (2014). Розробка продуктів для геродієтичного харчування з використанням нетрадиційної сировини. Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжированої та молочної галузей: мат. 3 міжнарод. наук-техн. конф., м. Київ, 25-26 берез. 2014 р. Київ, 2014. С. 39–40.
4. Пешук Л.В., Салов К.М., Галенко О.О. Технологія нутрієнтно-адекватних продуктів із використанням нетрадиційної сировини у геродієтичному харчуванні. *Харчова наука і технологія*. 2011. № 2. С. 8–12.
5. Пешук Л.В., Галенко О.О., Гащук О.І. (2014). Дослідження можливості використання білково-мінерального-збагачувача геродієтичного у виробництві варених ковбасних виробів. *Современные аспекты геронтологии и гериатрии: от теории к практике: мат. конфер. института геронтологии им. Д.Ф. Чеботарева НАМИ Украины*, г. Киев, 26-21 мая 2014 г. Киев, 2014. С. 64–66.
6. Дубініна А., Тимофеев О. Развитие грибовництва в Украине. *Харчова і переробна промисловість*. 2009. № 7–8. С. 8–9.
7. Корзун В.Н., Свідло К.В. Харчові раціони геродієтичного призначення з використанням дієтичних добавок рослинного походження. *Проблеми старения и долголетия*. 2016. № 25(2). С. 235–252.
8. Young V.R., Pellett P.L. Protein intake and requirements with reference to diet and health. *The American journal of clinical nutrition*. 1987. Vol 45, № 5. P. 1323–1343.
9. Zhou R., Liu Z.K., Zhang Y.N., Wong J.H., Ng T.B., Liu F. (2019). Research Progress of Bioactive Proteins from the Edible and Medicinal Mushrooms. *Current protein & peptide science*. Vol 20, № 3. P. 196–219.
10. Фурманова Ю.П., Сулик А.Ю. (2018). Обґрунтування використання пшеничних висівків при виробництві овочевих котлет для дитячого харчування. *Міжнародний науковий журнал Інтернаука*. 2018. № 3, Вип. 1. С. 88–92.
11. Курмаз Я.В. Обґрунтування використання пшеничних висівків при виробництві функціональних м'ясних продуктів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2014. № 1. С. 125–130.
12. Иванов С.В., Пасічний В.М., Страшинський І.М. Регулювання структурно-механічних показників низькокалорійних м'ясних січених напівфабрикатів з використанням нанокмполімерів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2014. № 6, Вип. 20. С. 227–233.

Azarova N.G., Shlapak G.V., Garbzhii K.S. NON-TRADITIONAL INGREDIENTS IN MEAT PRODUCTS FOR HEREDITARY PURPOSE

Herodietic products should meet the needs of elderly people with nutrients capable of fulfilling an energetic, immunostimulatory role and, to a certain extent, to improve their health and mood. One of the main functions in increasing the energy value in meat products belongs to proteins, which is the main component of cells of all organs and tissues of the body. However, the assortment of meat products with a high content of proteins belonging to the products of the hereditary purpose is small. Against this background, the relevant task for the food industry is developing of meat products, in particular cutlets that meet the requirements of rational nutrition for the elderly people. In order to reduce the mass of cholesterol, as well as to preserve the high energy and organoleptic properties in meat products intended for the elderly people, cutlet meat from beef or pork fat, as well as bread, have been partially replaced by non-traditional ingredients: by mass of oyster mushrooms and oat bran, respectively in their recipe. Mass of oyster mushrooms and oat bran are characterized by a high amount of vegetable protein with a balanced amino acid composition, which testifies about the prospect of their use in the formulation of meat preparations, intended for elderly people.

The results of the physicochemical composition of chopped semi-finished products when replacing different types of meat with mushroom mass and bread with oat bran showed that the addition of non-traditional ingredients in the recipe leads to the destruction of minced meat systems and reduce their functional and technological properties. Based on a comprehensive analysis of the physicochemical and organoleptic properties of the meat products developed, compared to the regulatory requirements for their quality, it was concluded that the chopped semi-finished products can be made with low fat content, and the ratio of proteins of vegetable and animal origin in them is advisable, which makes it possible to attribute them to products of the hereditary purpose.

Key words: herodietics nutrition, meat, mushrooms, protein, chopped semi-finished products.

УДК 612.8-014:408

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/15>

Антоненко А.В.

Київський університет культури

Земліна Ю.В.

Київський університет культури

Грищенко І.М.

Київський університет культури

Приходько К.О.

Київський національний університет культури і мистецтв

Потапенко О.О.

Київський університет культури

Зволинська В.В.

Київський університет культури

ТЕХНОЛОГІЯ ЯЄЧНО-МАСЛЯНОГО СОУСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОЛІЇ З ПЛОДІВ АВОКАДО

У статті розроблено технологію яєчно-масляного соусу “Avogato” з використанням олії з плодів авокадо, наведено переваги технології над традиційною. За контроль обрано соус «Польський» за традиційною технологією приготування. Соус «Польський» – пікантна заправка до рибних страв та страв з морепродуктів. У ході експериментальних проробок замінено частину вершкового масла на олію з плодів авокадо. Найменування сировини та відсоткове співвідношення заміни продукту на олію з плодів авокадо. Використання олії з плодів авокадо значно поліпшує не тільки органолептичні показники, але й хімічний склад розробленого соусу. Розраховано комплексний показник якості та побудовано модель якості соусу «Avogato» з додаванням олії з плодів авокадо. Наведено результати досліджень і технологію польського соусу з підвищеною харчовою цінністю за рахунок додавання олії з плодів авокадо.

Обґрунтовано раціональну кількість добавки, яка не погіршує якість готової страви. Визначено хімічний склад розробленого соусу та побудовано модель якості нового соусу. Розроблений соус “Avogato” має вищу біологічну цінність в порівнянні з традиційним та рекомендується до впровадження у виробництво.

Ключові слова: технологія, соус, олія, авокадо, соусна продукція, біологічна цінність.

Постановка проблеми. Якість харчових продуктів – це сукупність властивостей товарів, що зумовлюють їх придатність задовольняти певні потреби людини. Якість харчових продуктів залежить від факторів сфери виробництва і умов вирощування рослинної продукції, якості сировини, напівфабрикатів, технології їхнього оброблення, обладнання; факторів сфери розподілу – якості зберігання, транспортування, реалізації; факторів сфери споживання – якості короткочасного зберігання, споживання і засвоєння [1].

Міжнародний досвід засвідчує, що найбільш ефективним і доцільним з економічної, соціальної, гігієнічної і технологічної точок зорю заходом

кардинального вирішення проблеми є розробка і налагодження виробництва різноманітних спеціальних продуктів харчування, які додатково збагачують дефіцитними нутрієнтами до рівня, що відповідає фізіологічним потребам людини [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Експертами Всесвітньої організації охорони здоров'я доведено, що приблизно на 50% здоров'я людини визначає спосіб життя, який характеризується якістю харчування, інтенсивністю фізичної активності, місцем та природнокліматичними умовами проживання, звичками, умовами побуту та праці. До основних порушень харчового статусу різних груп населення України можна віднести

дефіцит повноцінних білків, поліненасичених жирних кислот, харчових волокон, надмірне споживання простих швидко засвоюваних цукрів, низький вміст в раціонах вітамінів, макро- і мікроелементів [3].

Розробка спеціальних харчових продуктів на сьогоднішній день є перспективним напрямком в області створення нових видів продуктів за рахунок регулювання в них вмісту есенціальних речовин. Продукти функціонального призначення повинні збагачувати раціон населення фізіологічно активними інгредієнтами, тому що біологічна цінність їжі зумовлена саме вмістом білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин, органічних кислот, клітковини, доступністю та засвоюваністю компонентів [1-3].

Постановка завдання. Соуси займають вперені позиції серед сучасних продуктів харчування. Соуси застосовують в якості приправи для поліпшення смаку і засвоюваності продуктів, а також в якості додаткового рецептурного компоненту при виготовленні харчових продуктів, але соуси мають низьку харчову цінність, щоб забезпечити повноцінне харчування людини, тому для того, щоб вирішити цю проблему у досліджуваних соусах було використано олію з плодів авокадо [4, 5].

Метою роботи є наукове обґрунтування і розроблення технології польського соусу з використанням олії з плодів авокадо та дослідження його якості.

Об'єкт дослідження – технологія соусу і з олією плодів авокадо.

Предмет дослідження – соус польський, олія з плодів авокадо (ТУ У 24.6-33398305-001:2007 «Олія авокадо»).

Методи дослідження – органолептичні, фізико-хімічні, математичної обробки експериментальних даних на основі комп'ютерних технологій.

Вже 12 тисяч років тому поживні та корисні для здоров'я плоди авокадо активно вживали в їжу стародавні колумбійські і мексиканські племена. Особливо цінним, делікатесним продуктом ще з часів Колумба вважалася олія, що була отримана віджиманням стиглих плодів авокадо. Сьогодні олія з плодів авокадо, вирощуваних у багатьох країнах світу (США, Південній Америці, ПАР, Кенії, Іспанії, Кубі, Австралії, Ізраїлі, Новій Зеландії), знаходить широке застосування в косметології та кулінарії.

Олія авокадо, що володіє високою харчовою цінністю і відмінними смаковими якостями, містить у своєму складі велику кількість легкозасвоюваних жирів, незамінних вітамінів, макро- і

мікроелементів та інших біологічно активних речовин.

За калорійністю олія авокадо не поступається м'ясу і курячому яйцю, а також перевищує більшість харчових рослинних масел (це підтверджує той факт, що в 1998 році авокадо був занесений в книгу рекордів Гінесса як самий висококалорійний у світі фрукт).

За вмістом білків плід авокадо в 2-3 рази перевищує виноград, яблука, груші, банани, цитрусові, а за змістом жирів є лідером серед відомих фруктів, поступаючись тільки кокосу. Варто зазначити, що 30% жирів, що містяться в олії авокадо, припадає на легко засвоювані організмом людини – ненасичені жирні кислоти [3].

Також до складу олії з плодів авокадо входять вітаміни А, Е, С, В1, В2, В3, В9, D, лецитин, насичені жирні кислоти, фітостероїди, ефірні олії, хлорофіл, сквален, амінокислота гістидин і безліч корисних макро- і мікроелементів (калій, магній, фосфор, залізо, кальцій, натрій, марганець, цинк, йод, кобальт, мідь та інші)

Антиоксиданту – вітаміну Е, який володіє потужними імунозахисними, ранозагоювальними та омолоджувальними властивостями, в олії з плодів авокадо в 5 разів більше, ніж в оливковій олії.

У олії з плодів авокадо велика кількість антибактеріальної речовини – хлорофілу. Хлорофіл надає сприятливу дію на респіраторну, серцево-судинну, ендокринну, травну системи, знімає подразнення слизової оболонки, перешкоджає утворенню каменів у нирках і сечовому міхурі, сприяє ефективному очищенню організму людини від шлаків і токсинів.

Відрізняється олія авокадо від інших рослинних олій через високий вміст лецитину. Лецитин грає ключову роль в злагодженій роботі серцево-судинної, центральної і периферичної нервової системи, бере участь у синтезі гормонів, необхідних для правильної роботи печінки, підшлункової залози та статевій системі, значно поліпшує засвоєння організмом вітамінів А і Е [1, 6].

Виклад основного матеріалу дослідження. Соус «Польський» належать до яечно-масляних сумішей, який готують з вершкового масла, сирих жовтків з добавкою лимонного соку або лимонної кислоти та солі.

У яечно-масляних соусах можливий розпад емульсії з масла та жовтків (відмаслювання), внаслідок чого смак та зовнішній вигляд соусу погіршуються, соус стає непридатним для подавання його до кулінарних виробів. Щоб запобігти здійсненню жовтків, що призводить до відмаслювання

соусу, у суміш до її проварювання слід добавляти холодну воду відповідно до рецептури [7].

Температура проварювання соусу не повинна перевищувати 70°C. Проварюють його на водяній бані, причому температура води має бути в межах 85–90°C [8].

Як видно з наведених інгредієнтів, емульсійні соуси мають недостатню харчову цінність, що потребує великої кількості розробок, саме в вдосконаленні рецептур яечно-масляних соусів та підвищення їх харчової цінності.

За контроль обрано соус «Польський» за традиційною технологією приготування. Соус «Польський» – це пікантна заправка до рибних страв та страв з морепродуктів. Подавати соус можна, як в теплому, так і в холодному вигляді, такий соус смачний, ароматний, з пікантною кислинкою і зі смаком свіжості.

В ході експериментальних проробок замінено частину вершкового масла на олію з плодів авокадо. Найменування сировини та відсоткове співвідношення заміни продукту на олію з плодів авокадо наведені в табл. 1. Технологія приготування соусу “Avogato” з додаванням олії з плодів авокадо наведена на рис. 1. Під час проведення органолептичної оцінки розробленого соусу “Avogato” досліджувалися п’ять важливих взаємопов’язаних показників: зовнішній вигляд,

колір, консистенція, запах та смак. Для їхнього дослідження використовувалася п’ятибальна система з урахуванням коефіцієнта вагомості, які визначалися для кожного показника.

Органолептичну оцінку зразків соусу “Avogato” з додаванням олії з плодів авокадо наведено в табл. 2.

Проаналізувавши дані таблиці 2, можна зробити висновок, що другий та третій дослідні зразки (2 г та 3 г дієтичної добавки відповідно) за якісними характеристиками знаходяться на рівні контролю, а наступні три відрізняються погіршенням всіх органолептичних показників. Згідно з органолептичним оцінюванням раціональний вміст олії з плодів авокадо становить 3%, тому що така кількість добавки не погіршує органолептичні показники розробленого соусу “Avogato”.

Після розроблення соусу “Avogato” та встановлення раціонального вмісту дієтичної добавки, необхідно визначити його харчову цінність (табл. 3) [3].

На підставі аналізу даних таблиці 3, можна зробити висновок, що порівняно з контролем, дослідний соус містить більшу кількість харчових волокон – 42%, ненасичених жирних кислот – 6,3%, вітаміну А – 26%, вітаміну В₁ – на 6%, В₆ – на 12,5%, В₉ – на 45%, вітаміну С – на 7,69%. Крім того, підвищився вміст мінеральних речовин: К – на 17,8%, Са – на 1%, Mg – на 18%. Таким

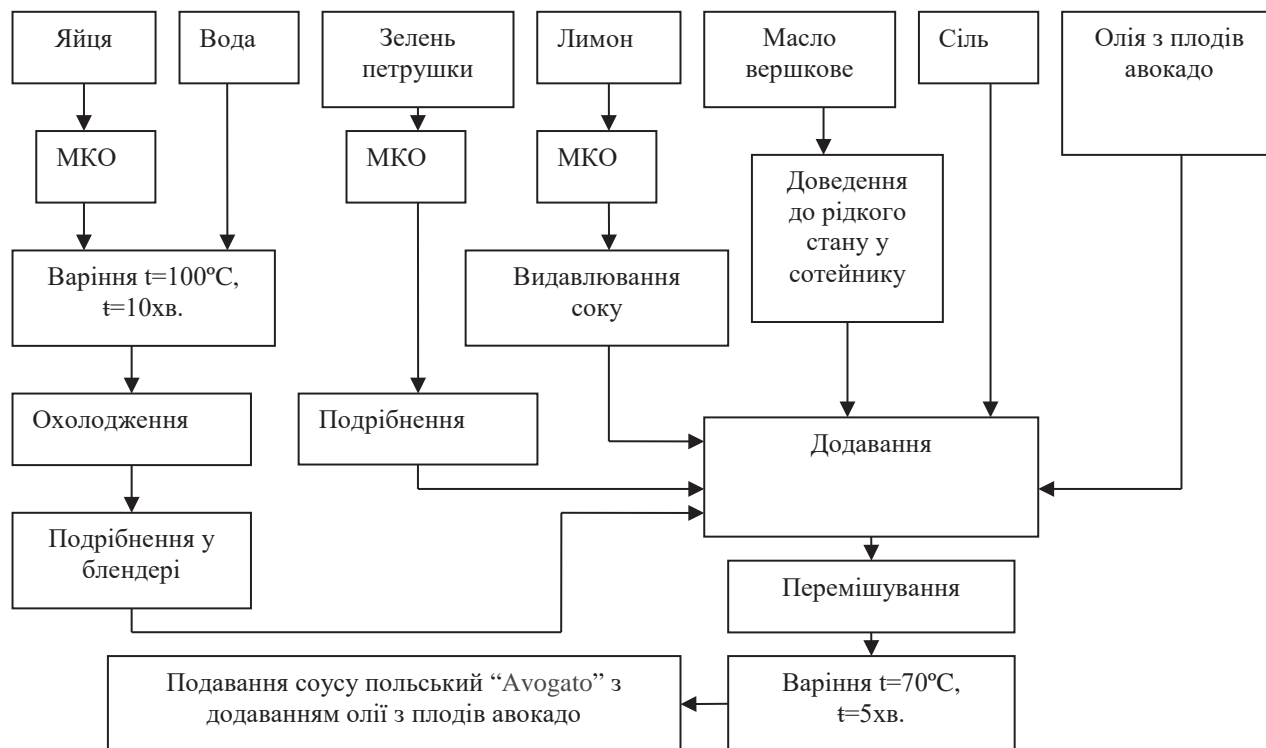


Рис. 1. Технологічна схема соусу “Avogato” з додаванням олії з плодів авокадо

Таблиця 1

**Витрати сировини для приготування соусу польський “Avogato”
з додаванням олії з плодів авокадо (з розрахунку на 100 г)**

Найменування сировини	Контроль, г	Дослід 1 (1г)	Дослід 2 (2г)	Дослід 3 (3г)	Дослід 4 (4г)	Дослід 5 (5г)
	Соус «Польський»					
Масло вершкове	40	39	38	37	36	35
Лимон	10	10	10	10	10	10
Яйця	40	40	40	40	40	40
Сіль	1	1	1	1	1	1
Зелень петрушки	10	10	10	10	10	10
Олія з плодів авокадо	-	1	2	3	4	5
Вихід страви, г	100	100	100	100	100	100

Таблиця 2

Органолептична оцінка зразків соусу “Avogato” з додаванням олії з плодів авокадо, бали

Показники якості	Коефіцієнт важливості	Контроль	Кількість добавки, г				
			1	2	3	4	5
Зовнішній вигляд	0,3	5	4,9	4,9	5	4,85	4,5
Колір	0,1	5	4,9	4,9	5	4,8	4,4
Консистенція	0,2	5	4,8	5	5	4	3,4
Запах	0,2	5	4,6	5	4,9	4,3	3,5
Смак	0,2	5	4,7	5	5	4,4	3,5
Загальна оцінка	1	5	4,78	4,96	4,98	4,47	3,86

Таблиця 3

Харчова цінність соусу “Avogato” з додаванням олії з плодів авокадо (з розрахунку на 100 г)

Показник	Контроль	Дослід	Різниця, г	Різниця, %
Енергетична цінність, ккал	559,0	563,80	4,80	0,86
Білки, г	5,00	5,06	0,06	1,20
Жири, г	59,50	59,94	0,44	0,74
Вуглеводи, г	1,0	1,05	0,05	5,40
Моно- дисахариди	0,40	0,42	0,02	4,95
Харчові волокна, г	0,05	0,25	0,20	42,00
Крохмаль, г	0,03	0,03	0,003	11,00
Насичені жирні кислоти, г	1,0	1,06	0,06	6,30
Вода, г	29,0	31,17	2,17	7,47
Зола, г	0,40	0,45	0,05	11,25
Вітаміни				
Вітамін А, мг	0,80	1,01	0,21	26,25
Вітамін В1 (тіамін), мг	0,03	0,03	0,002	6,00
Вітамін В2 (рибофлавін), мг	0,20	0,20	0,004	1,95
Вітамін В6 (піридоксин), мг	0,06	0,07	0,01	12,50
Вітамін В9 (фолієва), мкг	5,40	7,83	2,43	45,00
Вітамін С, мг	3,90	4,20	0,30	7,69
Макроелементи				
Кальцій, мг	34,30	34,66	0,36	1,05
Калій, мг	81,40	95,95	14,55	17,87
Магній, мг	6,80	7,67	0,87	12,79
Натрій, мг	54,00	54,21	0,21	0,39
Фосфор, мг	84,60	86,16	1,56	1,84
Мікроелементи				
Залізо, мг	1,10	1,12	0,02	1,50
Цинк, мг	0,46	0,48	0,02	4,17
Мідь, мкг	31,70	37,40	5,70	17,98

Примітка: контроль – соус польський за оригінальною технологією приготування; дослід – соус “Avogato” з додаванням олії з плодів авокадо

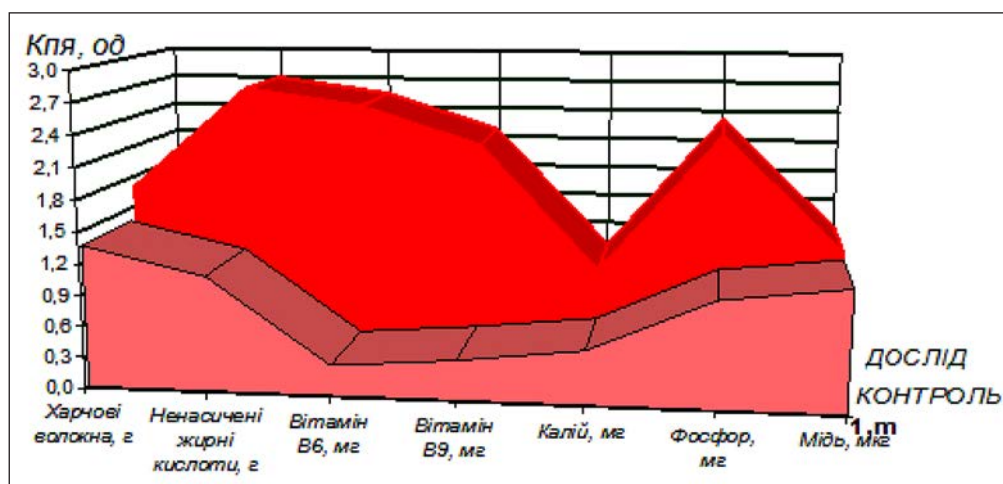


Рис. 2. Модель якості соусу польський “Avogato” з додаванням олії з плодів авокадо

Таблиця 4

Комплексний показник якості соусу польський “Avogato” з додаванням олії з плодів авокадо

Найменування	Коефіцієнт вагомості	Контроль	Дослід
Білки, г	0,35	1,03	4,52
Жири, г	0,1	1,20	2,70
Вітамін В1, мг	0,1	0,29	1,29
Вітамін В2, мг	0,13	0,38	1,68
Кальцій, мг	0,11	0,32	1,42
Фосфор, мг	0,1	0,29	1,29
Залізо, мг	0,11	0,32	1,42
Комплексний показник якості	1	3,85	14,33

чином, використання олії з плодів авокадо значно поліпшує не тільки органолептичні показники, але й хімічний склад розробленого соусу.

Розраховано комплексний показник якості та побудовано модель якості соусу “Avogato” з додаванням олії з плодів авокадо (рис. 2, табл. 4).

Згідно з розрахунками, які наведені у таблиці 4, визначено, що комплексний показник якості дослідного зразку становить 3,85, а дослідного 14,33, що майже в два рази перевищує контроль.

Висновки. У результаті проведених досліджень виявлено, що додавання до складу соусу польський олії з плодів авокадо не має негативного впливу на технологічний процес виробництва та якість готового соусу. Таким чином застосування олії з плодів авокадо у технології соусу польського є доцільним та дозволяє компенсувати нестачу вмісту необхідних вітамінів, мінеральних речовин та харчових волокон. Розроблений соус “Avogato” рекомендується до впровадження у закладах ресторанного господарства для харчування всіх верств населення.

Список літератури:

1. Антоненко А.В. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: монографія / за ред. М.І. Пересічного. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. 1116 с.
2. Антоненко А.В. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення: монографія / за ред. О.І. Черевка, М.І. Пересічного. Харків : Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. 2017. 591 с.
3. Антоненко А.В. Перспективні тенденції розвитку науки : техніка и технологія: монографія / Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення: монографія / за ред. И.Я. Львович, А.В. Некрасова. Одеса : Куприенко С.В. 2016. 197с.
4. Антоненко А. Наукове обґрунтування і розроблення фруктових систем як основи для солодких соусів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2009. № 2. С. 76–82.
5. Мазаракі А.А., Кравченко М.Ф., Антоненко А.В. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв функціонального призначення. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2013. 772 с.

6. Антоненко А.В. Оцінка якості нових соусів підвищеної харчової цінності. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2009. № 1. С. 58–62.

7. Антоненко А.В. Плодово-ягідні системи як основа для соусів. *Збірник наукових праць ХДУХТ*. 2013. № 21. С. 102–108.

8. Антоненко А.В. Технологія соусів з дієтичними добавками функціонального призначення. *Автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.16*. К., 2011. 34 с.

Antonenko A.V., Zemlina U.V., Grischenko I.M., Prikhodko K.O., Potapenko O.O., Zvolinska V.V.
TECHNOLOGY OF EGG-OIL SAUCE WITH THE USE OF AVOCADO FRUIT OIL

The development of specialty foods is today a promising area in the creation of new types of products by regulating the content of essential substances. Functional products should enrich the diet with physiologically active ingredients, because the biological value of the food is determined by the protein, fat, carbohydrate, vitamins, minerals, organic acids, fiber, availability and digestibility of the components.

Sauces occupy a strong position among modern foods. Sauces are used as a condiment to improve the taste and digestibility of products, as well as as an additional recipe component in the manufacture of food, but sauces have low nutritional value to provide complete nutrition to humans, so in order to solve this problem in the studied sauces used oil of avocado fruits. For control, the sauce “Polish” according to the traditional cooking technology was chosen. Polish sauce is a savory seasoning for fish and seafood dishes.

It is possible to serve the sauce, both in warm and cold form, such sauce is delicious, fragrant, with spicy acidity and with a taste of freshness. In the course of the experimental work, some of the butter was replaced with avocado fruit oil. The name of the raw material and the percentage of product replacement for avocado fruit oil. The use of avocado fruit oil significantly improves not only the organoleptic characteristics, but also the chemical composition of the developed sauce. The complex quality index is calculated and the quality model of Avvogato sauce is added with the addition of avocado fruit oil.

As a result of the conducted researches it is revealed that the addition of Polish avocado fruit oil to the sauce does not have a negative impact on the technological process of production and quality of the finished sauce. Thus, the use of avocado fruit oil in Polish sauce technology is appropriate and can compensate for the lack of essential vitamins, minerals and dietary fiber. The developed Avogato sauce is recommended for introduction in catering establishments for food of all segments of the population.

Key words: technology, sauce, oil, avocado, sauce products, biological value.

Войтик П.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Мазурок Д.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Турчин І.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАРБУЗОВОГО МОРОЗИВА

Морозиво є одним із найулюбленіших продуктів і користується стійким попитом у споживачів, особливо у літній період. Споживання морозива в Україні не перевищує 1,0–1,5 кг на людину в рік; у Швеції, Норвегії, Фінляндії та інших країнах світу воно складає 12–13 кг. Для вирішення завдань підвищення якості, споживчої цінності морозива, розширення та вдосконалення його асортименту необхідний подальший пошук та використання різних добавок та наповнювачів.

Конкуренція у галузі виробництва морозива ще з 1997 року показала, що існуючий асортимент морозива не може задовольнити повністю потреби споживачів. Аспект підвищення якості традиційних та створення нових видів морозива, особливо такі, які містять натуральні біологічно-активні речовини, вийшов на перше місце.

Серед найважливіших проблем, які повинна вирішувати сьогодні наука і практика, особливе місце займає забезпечення населення повноцінними продуктами харчування. Це стосується не лише основних продуктів харчування, а й десертів, ласощів, таких, як морозиво.

Існує тенденція до більш широкого застосування нових видів сировини та розширення асортименту морозива. При цьому не завжди належної уваги приділено вітчизняній сировині, зокрема овочевій, яка є носієм біологічно-активних речовин. Тому це питання є сьогодні актуальним.

Дослідження були спрямовані на розроблення технології функціонального морозива, виготовленого на основі овочевої сировини. Вивчено склад та властивості гарбузового пюре. Розроблено рецептуру овочевого морозива. Досліджено органолептичні та фізико-хімічні властивості гарбузового морозива, обґрунтовано технологічні параметри його виробництва. Доведено доцільність застосування овочевої сировини у технології морозива і отримання продукту підвищеної біологічної цінності функціонального призначення.

Ключові слова: молоко, морозиво, рецептура, технологія, овочева сировина, гарбузове пюре.

Постановка проблеми. Морозиво є одним із найулюбленіших продуктів і користується стійким попитом у споживачів, особливо у літній період. Споживання морозива в Україні не перевищує 1,0–1,5 кг на людину в рік; у Швеції, Норвегії, Фінляндії та інших країнах світу воно складає 12–13 кг. Для вирішення завдань підвищення якості, споживчої цінності морозива, розширення та вдосконалення його асортименту, необхідний подальший пошук та використання різних добавок та наповнювачів.

Серед найважливіших проблем, які повинна вирішувати сьогодні наука і практика, особливе місце займає забезпечення населення повноцінними продуктами харчування. Це стосується не лише основних продуктів харчування, а й десертів, ласощів, таких, як морозиво [1, 2, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виробництво морозива – це одна з найбільш рен-

табельних галузей, що застосовує сучасні принципи комбінування сировини. Виробництво морозива, як складної дисперсної системи, потребує особливих умов формування і стабілізації структури, порушення яких призводить до виникнення вад консистенції та зниження показників якості при транспортуванні й зберіганні продукту.

Конкуренція у галузі виробництва морозива ще з 1997 року показала, що існуючий асортимент морозива не може задовольнити повністю потреби споживачів. Аспект підвищення якості традиційних та створення нових видів морозива, особливо такі, які містять натуральні біологічно-активні речовини, вийшов на перше місце.

Існує тенденція до більш широкого застосування нових видів сировини та розширення асортименту морозива. При цьому не завжди належної уваги приділено вітчизняній сировині, зокрема

овочевій, яка є носієм біологічно-активних речовин. Тому це питання є сьогодні актуальним.

Розроблення технології харчових продуктів з додаванням технологічно підготовленого гарбуза є доцільним і дозволяє створити принципово новий, повноцінний за вмістом аліментарних речовин, з відмінними органолептичними властивостями продукт, який володіє профілактичним і біокорегуючим ефектом, знизивши при цьому його вартість.

У харчовій промисловості використовуються мускатні сорти гарбузів, зокрема Арабатський, Новинка, Вітамінний, Прикубанський, Перлина, Арахісовий. М'якуш гарбуза широко використовують в кулінарії (супи, каші, фарші, компоти, соки, киселі і салати, для приготування пирогів і млинців, маринування). Дослідниками розроблені рецептури паштетів (зокрема і для дитячого харчування), ліверних ковбас, сирних пудингів з добавками гарбуза та цукатів [3, 5].

Вченими запропоновані технології кондитерських виробів на основі пасти з гарбуза, хлібобулочних виробів з додаванням борошна гарбузового насіння. Перспективним напрямком є введення гарбуза в технологію м'ясних та м'ясомістких продуктів, желейних виробів, пастили та мармеладу, оскільки це дає змогу надати продуктам необхідної текстури і кольору завдяки каротиноїдам і пектиновим речовинам.

Доцільність використання гарбузове пюре у технології молочних десертів, зумовлена тим, що гарбузове пюре містить велику кількість природних харчових компонентів, які перебувають у легкодоступному для організму стані. Гарбуз є, мабуть, найпопулярнішим і очікуваним продуктом сезону завдяки не тільки своїми смаковими якостями, але і неймовірній кількості корисних для здоров'я властивостей.

Яскраво-оранжевий плід з медово-солодким смаком містить безліч вітамінів і є прекрасним джерелом клітковини. Наукові дослідження останніх років показали, що вживання гарбуза і різних страв на його основі може зміцнити здоров'я і поліпшити зовнішній вигляд людини.

У 200 г гарбузового пюре, наприклад, міститься більш як 200% рекомендованої добової дози вітаміну А, особливо корисного для очей. За даними Національного інституту здоров'я США споживання гарбуза покращує зір, дозволяє бачити більше навіть при тьмяному світлі [5].

Гарбуз також багатий каротиноїдами, саме ці елементи надають плоду характерний яскраво-оранжевий колір. Зокрема β -каротин в організмі

перетворюється на форму вітаміну А, надаючи додатковий захист гостроті зору. Гарбуз має достатньо клітковини: у 200 г м'якоті міститься 3 г волокон і тільки 49 калорій. Тому страви з гарбуза дають тривале відчуття ситості при мінімальній кількості калорій. Багата клітковиною дієта, як правило, допомагає людям менше їсти, і таким чином позбавляється від зайвих кілограмів.

За даними Інституту раку США, антиоксидант β -каротин, що міститься в гарбузі, знижує ризик розвитку раку. Експерти відзначають, що харчові джерела β -каротину, є більш ефективними, ніж медикаментозні [4, 8–9]. Каротиноїди в гарбузі нейтралізують вільні радикали і таким чином борються з раковими клітинами, але крім цього також можуть допомогти зберегти молодість шкіри.

Відразу кілька недавніх досліджень, проведених у США, показали, що вживання гарбуза покращує кровотік, сприяючи сексуальному здоров'ю чоловіків. Крім того фітостерини, що містяться в гарбузовому насінні, зменшують ризик виникнення простатиту і нормалізують рівень тестостерону. До того ж гарбуз і його насіння багаті ще й цинком, який також має ключове значення для чоловічого здоров'я.

Багатьом відомо про енергетичні властивості бананів, тому їх часто їдять спортсмени після інтенсивних тренувань. Але, як виявилось, порція страви з гарбуза містить навіть більше поживних елементів, зокрема в ньому вищий вміст калію – 564 мг в порівнянні з 422 мг в порції банана. Калій допомагає відновити баланс електролітів в організмі після важкого тренування і тримає м'язи і тонусі.

Завдяки високому вмісту вітаміну С, гарбуз може вважатися імуностимулюючим продуктом. У 200 г м'якоті більш як 11 мл вітаміну С, а це майже 20% від денної норми рекомендованої для жінок (чоловікам потрібно 75 мг цього вітаміну в день) [3, 6, 7].

У харчовій промисловості вже давно гарбуз використовують для створення збагачених харчових продуктів функціонального спрямування. Так, зокрема у статті вчених О.В. Бараболя, О.В. Калашник, С.Е. Мороз та інших зазначено, що цікавим напрямом під час створення збагачених харчових продуктів є використання сировини, яка є природним джерелом біологічно активних речовин і адаптована до травного раціону пересічного українця [3, 6–9].

Поповнити баланс життєво важливих для людини макро- і мікронутрієнтів можливо за

рахунок цінної високоврожайної культури – гарбуза. Хоча в Україні обсяги вирощування та використання є досить низькими, гарбузи були і залишаються улюбленою овочевою культурою багатьох українців.

Постановка завдання. Дослідження були спрямовані на розроблення технологій функціонального морозива, виготовленого на основі овочевої сировини.

З метою досягнення мети досліджень були поставлені такі завдання як: вивчення хімічного складу гарбуза; визначення оптимальної кількості внесення гарбузового пюре при виробництві морозива, розрахунок рецептури; вивчення органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних властивостей овочевого морозива. Експериментальні дослідження проводились в умовах лабораторії кафедри технології молока і молочних продуктів та виробничій лабораторії Львівського холодокомбінату. Визначення якості готового продукту проводили за органолептичними та фізико-хімічними показниками якості згідно вимог ДСТУ 4734:2007 «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет, лід. Загальні технічні умови».

Виклад основного матеріалу. Гарбуз обробляли вручну, мили, відрізали плодоніжку, розрізали на декілька частин, видаляли насіння і очищали шкірку, промивали. Його запікали за температури 180° С 45 хв. Охолоджували гарбуз 25–30 хв. Знімали шкірку. Шматки м'якоти подрібнювали до консистенції пюре.

У таблиці 1 представлено вміст поживних речовин у гарбузовому пюре.

Таблиця 1

Вміст вітамінів та мінеральних речовин у гарбузовому пюре

Найменування показників	На 100 г продукту
Вітаміни, мг	
PP	0,22
β-каротин	1,10
B ₁	0,04
B ₂	0,07
C	2,9
E	0,14
Мінеральні речовини, мг	
Кальцій	40
Магній	14
Натрій	17
Калій	138
Фосфор	38

Як бачимо з таблиці 1, гарбузове пюре багате на β-каротин, містить мінеральні елементи.

Характеристика органолептичних показників гарбузового пюре представлена у таблиці 2.

Таблиця 2

Органолептичні показники гарбузового пюре

Найменування показників	Характеристика
Консистенція та зовнішній вигляд	Дрібнодиспергована, гомогенна маса, однорідна, ніжна, без волокон гарбуза
Смак та запах	Солодкуватий, чистий, без сторонніх присмаків та запахів, характерний для гарбуза
Колір	Жовто-оранжевий

Гарбузове пюре було ніжне, однорідне, без волокон гарбуза. Смак – солодкуватий, виражений гарбузовий, без сторонніх присмаків та запахів.

При виробництві гарбузового морозива нами була застосована технологічна схема:

1. Приймання та підготовка компонентів.
2. Складання суміші на основі овочевих компонентів.
3. Пастеризація суміші.
4. Фільтрування.
5. Охолодження овочевої суміші та фризурвання суміші.
6. Фасування морозива.
7. Загартування морозива.
8. Пакування, зберігання морозива.

Для визначення якості експериментального морозива було проведено його органолептичну оцінку. Визначали смак та аромат, структура та консистенція, колір та зовнішній вигляд (таблиця 3).

Слід зазначити, що у зразку Д№ 1 була ледь сніжиста консистенція, а із збільшенням маси гарбузового пюре в дослідних збірках морозива Д№ 2 та Д№ 3 спостерігалась більш виражена сніжистість, були присутні пластівці льоду. Зірець Д№ 1 характеризувався чистим смаком, характерним для цього виду морозива та застосованої овочевої сировини, без сторонніх присмаків і запахів. Стосовно смаку, то він набував вираженого гарбузового смаку по мірі збільшення маси пюре, особливо в збірках Д№ 2 та Д№ 3. В цілому зразок морозива Д№ 1 за органолептичними показниками відповідав вимогам нормативної документації.

Була проведена бальна оцінка органолептики гарбузового морозива за 100-бальною системою (таблиця 4).

Таблиця 3

Органолептична характеристика гарбузового морозива

Органолептичні показники	Характеристика		
	Д№ 1	Д№ 2	Д№ 3
Структура і консистенція	Однорідні, без відчутних грудочок стабілізатора. Консистенція дещо сніжиста. Відсутня піщанистість структури та відсутні пластівці льоду.	Однорідні, без відчутних грудочок стабілізатора. Консистенція сніжиста. Відсутня піщанистість структури. Присутні пластівці льоду.	
Колір	Помаранчевий, рівномірний по всій масі	Помаранчевий, спостерігається певне нерівномірне забарвлення та поодинокі вкраплення наповнювача	Помаранчевий, спостерігається нерівномірне забарвлення та вкраплення наповнювача
Смак і запах	Чистий, характерний для цього виду морозива та застосованої сировини, без сторонніх присмаків і запахів	Чистий, виражений гарбузовий	Чистий, насичений гарбузовий

Таблиця 4

Бальна оцінка гарбузового морозива

Морозиво	Показники якості				Загальна бальова оцінка, сорт
	Смак та аромат, бали	Структура та консистенція, бали	Колір та зовнішній вигляд, бали	Тара та упакування, бали	
Д№ 1	57	29	5	5	96 балів
Д№ 2	39	20	5	5	69 балів
Д№ 3	30	18	5	5	58 балів

Таблиця 5

Фізико-хімічні показники гарбузового морозива

Вид морозива	Масова частка сухих речовин, %	Масова частка вологи, %	Масова частка загальних цукрів, %	В тому числі сахарози, %
Гарбузове морозиво	35,5	64,5	34,9	25,4

Смак та запах дослідного зразка морозива Д№ 1 набрав в середньому 57 балів, структура та консистенція – 29 балів, а загальна кількість балів склала 96 балів. Зразок Д№ 2 за смак отримав 39 балів, а Д№ 3 – 30 балів. Зниження бальної оцінки смаку на 18 та 27 балів відповідно в зразках Д№ 2 та Д№ 3, очевидно, пов'язано з надто вираженим гарбузовим присмаком. Структура у зразках морозива Д№ 2 та Д№ 3 набрала на 11 та 13 балів менше відповідно у порівнянні з Д№ 1 внаслідок більшої сніжистої консистенції та присутніх кристалів льоду. Дослідні взірці гарбузового морозива Д№ 2 в сумарній кількості набрали по 69, а Д№ 3 – по 58 балів відповідно.

Опираючись на органолептичні показники зразків морозива, що досліджується, авторами було обрано як оптимальний варіант дослідного

гарбузового морозива – Д№ 1. Дослідження фізико-хімічних та технологічних показників гарбузового морозива представлені в таблиці 5.

Гарбузове морозиво за масовою часткою сухих речовин відповідало вимогам стандарту на овочево (плодово-ягідне) морозиво (не менше 32,0%).

Одним із важливих показників якості морозива є збитість, тобто насиченість його повітрям у вигляді дрібних повітряних бульбашок. За вимогами ДСТУ збитість морозива не регламентують, оскільки в Україні продукт реалізують за масою, а не за об'ємом. Також визначали титровану кислотність.

Збитість морозива представлена у таблиці 6 та становила на виході з фризера 54%, а титрована кислотність – 70 °Т.

Таблиця 6

Технологічні характеристики гарбузового морозива

Вид овочевого морозива	Збитість морозива, %	Титрована кислотність, °Т
Овочево морозиво з гарбузовим пюре	54	70

Дослідне морозиво відповідає вимогам стандарту за якісними показниками.

Висновки. На підставі системних досліджень встановлено можливість і доцільність викорис-

тання овочевої сировини для виробництва морозива функціонального призначення. Розроблено технологію та рецептуру гарбузового морозива, яке характеризується оригінальними органолептичними властивостями.

Завдяки використанню гарбузового пюре отримано морозиво підвищеної біологічної цінності. Це овочево морозиво збагачене каротиноїдами, мінеральними речовинами, природними вуглеводами тощо. Введення у суміш морозива гарбузового пюре позитивно впливає на технологічні властивості нового морозива, зокрема на його збитість.

Список літератури:

1. Bazak S., Ratasvamy N. "Floy" ice-cream // Confect. Manuf. and Market. 1998-12. № 5. P. 21–22.
2. Богданов В.М. и др. Микробиология молока и молочных продуктов. Пищепромиздат. Москва, 1999. 420 с.
3. Бредихин С.А. и др. Технология и техника переработки молока. М. : Колос, 2001. 400 с.
4. Власенко В.В. Технологія виробництва і переробки молока і молочних продуктів. Вінниця «Гіпаніс», 2000. 306 с.
5. Гаврилова Н.Б. и др. Научные и практические аспекты технологии производства молочно-растительных продуктов. Омск : Изд-во Ом-ГАУ, 2006. 336 с.
6. Шершнева О.М., Овчинникова Р.И. Использование тыквы в производстве хлебобулочных изделий <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tykvyyv-proizvodstve-hlebobulochnyh-izdelyiy>.
7. Михалев В.Ю. Особенности производства семян тыквы на фармакологические цели с применением механизированной уборки в условиях Волгоградского Заволжья: автореф. дис. на соискание науч. степеней канд. с.-х. наук: спец. 06.01.06 «Лекарственные и эфирно-масличные культуры» ВНИИО, М., 2003. 23 с.
8. Теханович Г.А. Генофонд бахчевых культур и его использование в селекции : автореф. дис. на соискание науч. степеней д-ра с.-х. наук: спец. 06.01.05 «Селекция і насінництво сільськогосподарських рослин» / Г.А. Теханович. СПб., 2004. 32 с.
9. Hirayama T. Greeny ellow vegetables for human healthwith special reference to cancer prevention / T. Hirayama // J. Japan. Soc. Hort. Sci. 1995. № 63. P. 965.

Wojtyk P.M., Masurok D.M., Turchyn I.M. DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF GARBUZE ICE CREAM

Ice cream is one of our favorite products and is in high demand among consumers, especially in the summer. Ice cream consumption in Ukraine does not exceed 1.0–1.5 kg per person per year; in Sweden, Norway, Finland and other countries it is 12–13 kg. To solve the problems of improving the quality, nutritional value of ice cream, expanding and improving its range, it is necessary to further search and use various additives and fillers.

Competition in the field of ice cream production since 1997 has shown that the existing range of ice cream can not fully meet the needs of consumers. The aspect of improving the quality of traditional and creating new types of ice cream, especially those containing natural biologically active substances, came out on top.

One of the most important problems that science and practice must address today is the provision of high-quality food to the population. This applies not only to staple foods, but also to desserts, treats such as ice cream. There is a tendency to use more raw materials and to expand the range of ice cream. At the same time, not always due attention is paid to domestic raw materials, in particular vegetable, which is a carrier of biologically active substances. Therefore, this question is relevant today.

Therefore, our research is focused on the development of functional ice cream technology based on vegetable raw materials. The composition and properties of pumpkin puree were studied. Vegetable ice cream recipes have been developed. The organoleptic and physicochemical properties of pumpkin ice cream have been investigated and the technological parameters of its production have been substantiated. The expediency of using vegetable raw materials in the technology of ice cream and obtaining the product of high biological value of functional purpose is proved.

Key words: milk, ice cream, recipe, technology, vegetable raw materials, pumpkin puree.

UDC 641:613.2

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/17>**Ditrikh I.V.**

National University of Food Technologies

Niemirich O.V.

National University of Food Technologies

Havrysh A.V.

National University of Food Technologies

Ustymenko I.M.

National University of Food Technologies

Gumeniuk A.A.

National University of Food Technologies

PYRAMIDS AND PLATES OF NUTRITION

The article analyzes the role of nutrition in human life, the relationship of nutrition with the consequences for health, since healthy nutrition to date human development is in the form of a shadow. Preserving and maintaining the health of Ukrainians and preventing chronic diseases are only possible if the attitude to the diet and lifestyle in general is reviewed. According to the analysis, the basis of traditional diet should be a diet that includes natural and unrefined foods. Food moderation should be observed and the use refined foods, especially sweets and low-nutrition fats, should be restricted.

The experience of improvement and development of innovative principles nutrition, the solution of problems unbalanced nutrition by systematization of existing and acquired information on the example pyramids and plates of nutrition, which are constantly being improved and undergoing significant changes, is conducted. Based on many years of experience of world-class scientists, the substantiation of the expediency of establishing and implementing in the diet of the population of Ukraine rules and methods based on pyramids and plates of nutrition, taking into account a number of determining factors: climate, age, range of food products, characteristic of the country and its regions.

As Ukrainians nutrition culture and Ayurvedic nutrition knowledge are low and in shade, Ayurvedic plates are offered for three doshas. Each dosha has a distinct affinity for certain organs, and they tend to accumulate in certain places. Thus, you can determine the necessary nutrition and lifestyle by knowing each person their dosha.

The information provided by the authors may provide a new impetus for improving the nutrition of the population of Ukraine, as well as the pyramids and plates of nutrition.

Key words: food pyramid, nutrition plate, health-improving nutrition, ayurveda, ayurvedic food.

Introduction. Human is a very interesting and mysterious creature for himself. For many centuries, this secret mystery and genuine interest has pushed it forward, sometimes developing, sometimes degrading and distorting the image of a “homo sapiens”, modifying the outlook, life, speech, preferences in food and clothing. Shelter, food, clothing, physical and mental health – a necessary foundation for the humane existence. As a result of the millennial transformations of mankind, the solid strength of the foundation is pushed back to the background, and as is well-known, the unreliable foundation – it’s first a small cracks, then unclear distortions of the building, and in the end quite understandable logical finale with tragic consequences, roar,

cloud of dust and alive buried frivolous ignoramuses. The modern lifestyle and nutrition of a person are the determining aspects of its existence. These aspects are three-dimensional, clearly and carefully interpreted, structure the causes and consequences of acquired disorders, pathologies, defects of the organism, modification of human health, which without interference is reflected in the efficiency, quality of life, on the elemental sense of conditional happiness and life satisfaction. In the modern world of knocked down landmarks, the forced development of innovative technologies, unreasonable over-expectations, uncontrollable desires and desires to make absolutely everything, being at the same time in several places, forgetting about quality,

the result can be only disappointment, and after disappointment should come a conscious understanding of the importance of caring for your own health. This is one of the worst mischief of the present day and the near future. Attention to at least a diet should improve the health, without attracting drugs.

Conscious professional scientists, understanding the importance of nutrition, develop, improve diets, pyramids and dishes of nutrition, hoping that this way is likely to reach the target audience. They are called on by their own responsibility to improve the awareness of the population and raise the level of education in the aspects of nutrition.

The food pyramid (nutrition pyramid) is a graphical overview of the basic dietary recommendations of the composition of the diet, which allows not only to analyze but also to correct its. Products that make up the pyramid should be consumed daily, but in different quantities and proportions, depending on the type of pyramid and the principles of the location of products in it, there are a lot of them.

The concept of building a food pyramid is based on: the principles of healthy eating; national peculiarities of dishes; food consumption regulations; caloric content of the diet; physiological individual features of the human body; modern knowledge of nutritionology.

The purpose of the article is to conduct an analytical review of literature on existing models of food pyramids, plates and the development of plates according to ancient eastern oriental food concepts, namely Ayurveda.

Materials and methods of research. During the research, the methods of theoretical generalization, scientific induction and deduction, mathematical and structural analysis have been used, also the works of foreign and domestic scientists, which are devoted to the systematization of information about the pyramids and plates of nutrition of the past and present-day experience have been studied.

Results and discussion. The food pyramid is a purely Swedish invention. In 1972 Anna Britt Angseter presented the idea of a triangular model “Good Food at Reasonable Prices”, which is divided into three levels, describing the products placed on the importance for the person from below to up. The pyramid fulfilled its social function by overcoming the crisis in Swedish society [1, c. 15].

The following food pyramids were attempted by the United States in 1992, the main difference being the separation of the dominant position for dairy products. As the disadvantage of this model is the recommendation to consume 6-11 servings of bread, cereals, rice and pasta per day, which led to an increase in obesity,

the United States Department of Agriculture (USDA), together with the Department of Health and Social Services (HHS), realizing mistakes, changed the previous version and offered in 2007 a food pyramid called MyPyramid for children, adults and the elderly.

The pyramid design is vertical colored stripes. Each color has a different size, displaying the amount of food needed for each group. Stairs serve as a reminder of the necessity and importance of daily physical activity.

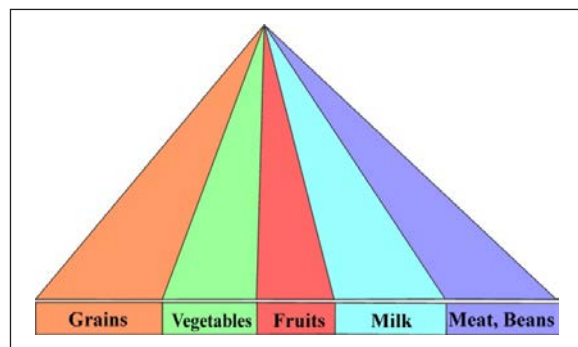


Fig. 1. “My Pyramid” 2007 (USA)

Nowadays, the trend of Asian food traditions has become widespread in the world. It should be noted that compared to the American-European version of the food pyramid, Asian is considered more useful because it contains local cereals, vegetables, fruits, green tea, nuts and bread, but it is characterized by a restriction of the consumption of meat, sweets, alcohol and especially dairy products, which are not assimilated by the body of East Asian inhabitants [2, c. 25; 3, c. 16, 18].

It is hardly possible to find obsessive adherents of healthy eating as vegetarians. These people really consciously relate to their diet and life in general. Pyramid of nutrition for vegetarians depending on the type of vegetarianism (vegan and lacto-geriatricism), does not contain meat and/or dairy products, fish, eggs, because of which there is an increased need for iron, calcium, vitamins B12 and D, which are consumed in the form of additives [4, c.165, 167].

Protein products of animal origin are replaced by vegetable products (tofu, beans, nuts). In scientific circles, the connoisseurs of vegetarianism refer to longer than “meat-eating” lives, rarer cardiovascular diseases, hypertension, diabetes and cancer of the rectum [5, c.1052, 1054; 6, c.1320]

Another attempt to bring the strip under the healthy nutrition of all humanity has tried the World Health Organization (WHO), having created a “Nutrition Pyramid on the recommendations of WHO”, using a color scheme of a traffic light. It is based on the products necessary for healthy eating, the diversity and correlation that it illustrates [7, c.118, 125; 8, c.285]

More than half of the daily energy should come from products that are part of the two lower green layers of the pyramid, namely: with bread, cereals, pasta, rice and potatoes.

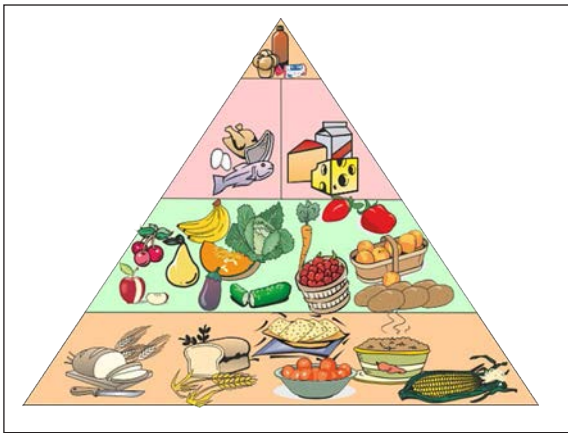


Fig. 2. Nutrition Pyramid on the recommendations of WHO

Each level color has its own meaning. Green – consume without restrictions (not less than 400g.); yellow – consume cautiously; red – to think about whether to consume it. In 2011, in the United States, a new system of useful nutrition in the form of a plate called “My Plate” came to replace the food pyramids. The logo of the new healthy food system is in the form of a plate divided into four sectors: cereal products, fruits, vegetables, protein products (meat, fish, beans and nuts).

The first plate of healthy nutrition in Ukraine’s history is designed to bring every Ukrainian to a healthy and balanced diet. The plate was approved by the Ministry of Health of Ukraine (MHU) and the Center for Public Health of MHU [9, c. 8, 10, 13]. Based on the practices of the leading countries of the world, experts made it clear and accessible.

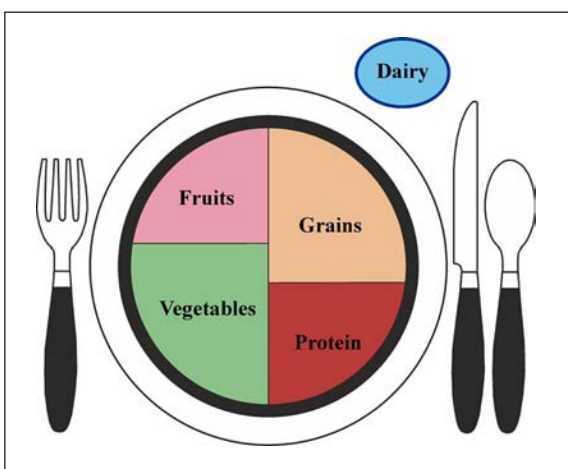


Fig. 3. «My Plate», 2011 (USA)

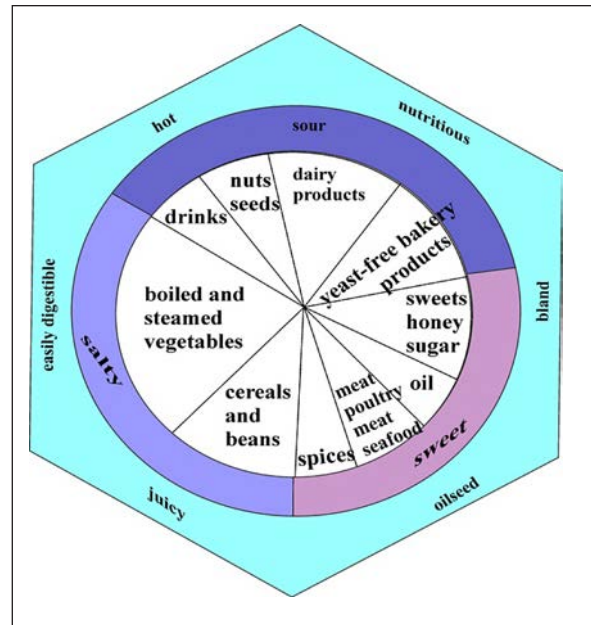


Fig.4. Plate of healthy nutrition, 2017 (Ukraine)

We note that the above models are an attempt to consider nutrition as a common template that can be applied to almost all, leaving out the need for an individual analysis of the peculiarities and needs of each unique organism.

Neglecting the value of calories, norms of consumption of fats, proteins, carbohydrates, vitamins, there are knowledge gained by humanity that may lead the prostrated materialists to the side of idealism. One of such knowledge is Ayurveda. On Ayurveda, all aspects and stages of the human way of life are considered as sacred. According to Ayurveda, every person is a unique phenomenon, and he is inseparable from space / environment. Everything that is in the macrocosm also exists in the microcosm. Every person is an embodiment of the manifestation of cosmic consciousness. None of the possible at the present time knowledge, except Ayurveda, is not capable of considering a person with a similar scale of comprehensiveness [10, c. 118, 121].

From the vibration of the pure world consciousness of the sound “Om” are created Five Great Elements – Ether, Air, Fire, Water and Earth. These Five Great Elements are manifested in the form of three biological beginnings – dosh: Vata, Pitta and Kapha, which operate all processes in the organism, including pathological ones. At the time of the conception of any person, Vata, Pitta and Kapha determine the constitution of the person which is called “Prakriti” by their combinations and relations. “Prakriti” means “the first creation”. Every human being is the “first creation” of the cosmos, which is why every person represents a separate essence, a unique phenomenon.

On condition of knowledge of each person of his constitution, it becomes possible to determine the nutrition and lifestyle necessary for himself. Food, useful for one person, for another, will be a poison. Therefore, for a healthy, happy and harmonious life, you need to know your constitution. The constitution, depending on the number of dominant doshas happen to be: one-dosha, double-doshas (majority), triple-doshas [11].

Each dosha, in accordance with its inherent qualities, has a distinct affinity with certain organs of the body. All doshas are present in any cell, because life without them is impossible, but they tend to accumulate in certain places, which helps to determine of those who need attention by discomfort [12, c.222, 224]:

1. Vata dosha: brain, heart, large intestine, bones, lungs, bladder, bone marrow, nervous system.
2. Pitta dosha: skin, eyes, liver, brain, spleen, endocrine system, small intestine.
3. Kapha-dosha: brain, joints, oral cavity, lymph, stomach, pleural cavity, pericardial cavity.

Vata, Pitta and Kapha are necessary for life, but they can do much harm if they allow them to get out of harmony with each other. In what quantities your body produces each of the doshas, depends predominantly on which of the Six Tastes prevails in your diet. Six Tastes, as well as three doshas, are derived from the Five Great Elements, and each one helps maintain a balance of doshas, performing important functions in an organism. These Six Taste are Sweet, Sour, Salt, Pungent, Bitter and Astringent.

Sweet taste is formed from Earth and Water, Sweet taste strengthens Kapha, weakens Pitta and Vata. It nourishes and invigorates body and mind, satisfies hunger and thirst, promotes the growth of all tissues; abuse leads to obesity, diabetes, drowsiness, parasites, complicated blood circulation, eye inflammation, digestive disorders, vomiting, gases, apathy, stagnant phenomena in respiratory tracts and other disturbances as Kapha type.

Sour taste is formed from Earth and Fire, Sour taste strengthens Kapha and Pitta, weakens Vata. It strengthens and refreshes the organism, promotes the removal of waste, reduces spasm and tremor, improves appetite and digestion; abuse leads to feeling of bitterness, itching, dizziness, premature aging, body lethargy, inflammation.

Salty taste is formed from Water and Fire, Salty taste strengthens Kapha and Pitta, weakens Vata. It removes waste and cleanses the body, increases digestive ability and appetite, softens and relaxes the tissues; abuse leads to inflammation, edema, predisposition to bleeding, skin diseases, herpes and urticaria, joint disease, impotence, early wrinkles, early baldness [13, c.11, 26].

Pungent taste is formed from Fire and Air, Sharp taste strengthens Pitta and Vata, weakens Kapha. It wash away from the body secret secretion of all kinds, improves appetite; abuse leads to dizziness, fainting, dry mouth, tremor, weakness, exhaustion, feeling burning, fever, thirst, decreased secretion of the sexual glands.

Bitter taste is formed from Air and Ether, Bitter taste strengthens Vata, weakens Pitta and Kapha. It cleans and dry all selection, reduces sexual excitement and harmonizes the organism, turning all the tastes to a normal state of equilibrium. It increases appetite and prevents skin diseases and fever; abuse leads to all disorder associated with Vata, including numbness, exhaustion, cramping pain, rash, dizziness, headache, rigidity, tremor, decreased secretion of the gonads.

Astringent taste is formed from Air and Earth, Astringent taste strengthens Vata, weakens Pitta and Kapha. It heals, cleans and pulls all parts of the body, reduces the amount of secretions and reduces sexual arousal; abuse leads to all the violations associated with Vata, including tremor, seizures, constipation, dryness of the body, stretching, numbness with tingling, exhaustion, thirst, decreased secretion of the sexual glands [14, c. 84].

All food consumed affects both the mind and the body. The mind has three possible states [15, c. 911]:

Sattva, or equilibrium, is a normal state of mind in which it correctly recognizes;

Rajas, or motion, is a state in which excessive mental activity weakens the ability to recognize;

Tamas, or inertia, is a state in which insufficient psychic activity weakens the ability to recognize.

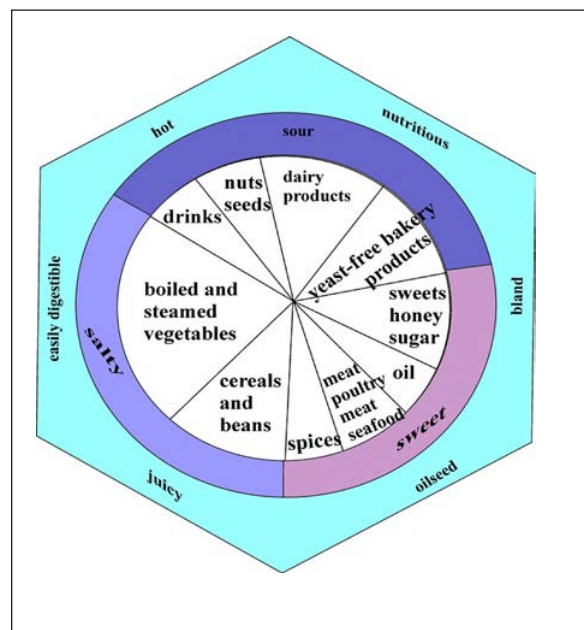


Fig. 5. Plate of nutrition for Vata Dosha

Plates of nutrition for dash represent a indicative model of food, consisting of three levels. Food that is spoiled or unpleasant to taste, which was subjected to the process of fermentation, as alcohol, or persisted for a very long time, contributes to Tamas. Beans and other high protein products, such as meat, fish and poultry, as well as spicy spices strengthen Rajas. Rajas and Tamas violate the integrity of mind-body-spirit. Sattva, which promotes this integrity, is enhanced by the use of sweet foods – such as cereals and fruits, some vegetables and dairy products [16, c. 58].

Using the model of a food plate, It is possible to illustrate the recommendations that calm the dosha. The first level – the characteristics of the cooked dish, the second level – the characteristics of the ingredients tastes required for cooking, the third level – the approximate ratio, the list and the possibility of using the products needed for each dosha.

Sweet, Sour and Salt food is good for people of Vata type, because it satisfies the body and reduces the likelihood of insufficient saturation. The bitter, pungent and astringent food is less useful because it dries the organism and increases emotional instability, especially uncertainty. No taste should be consumed in large quantities, because of abuses, Vata is violated.

People of Pitta type should not use sour, pungent, salty, but pay attention to the such tastes as: sweet, bitter and astringent. Meat, eggs, alcohol and salt reinforce natural aggressiveness of Pitta and its propensity to violence. Cereals, fruits and vegetables cool the heat of Pitta and should make up most of the diet for people of this type. Especially, for these people useful vegetarianism [14, c. 84].

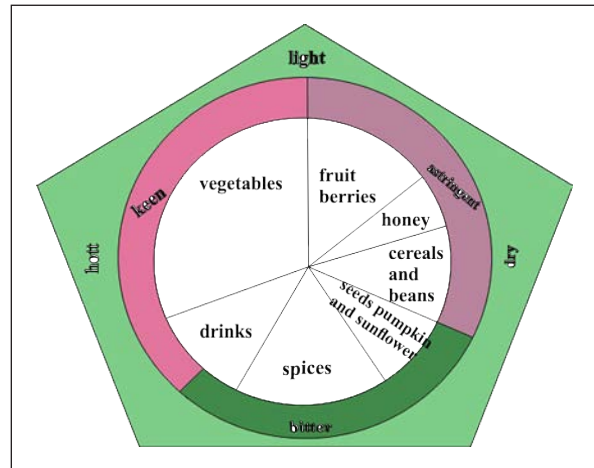


Fig. 7. Plate of nutrition for Kapha Dosha

People of the Kapha type should give preference to the bitter, pungent and astringent food that strengthens the body and the psyche, and avoid the consumption of sweet, sour and salty substances. In no case it is not possible to eat fried or any other fatty foods; dairy consumption should also be avoided. Fat is the worst food out of the possible. The best is vegetables. In general, people of this type should limit the total amount of food consumed [15, c. 911].

Conclusions. According to the above information, one can conclude that a really useful nutrition at this stage of development of mankind is in the form of a shadow, unpopular to the general population of the practice and requires a constant thorough interpretation of the importance of nutrition and its inevitable health effects. Improving the quality of life is a comprehensive approach to all spheres of life. Nutrition is one of these areas. Health savings, prevention of chronic diseases of Ukrainians is possible only in the case of viewing Ukrainians' attitudes towards nutrition and the way of their own life as a whole. When choosing foods, the preference must be given to natural, traditional foods that are the basis of the traditional nutrition of the population, to adhere to moderation in food, to restrict the use of refined products, especially sweets and low-quality fats. To help this important issue, pyramids and plates of nutrition are called, based on the many years of experience of world-class scientists, which should be listened to because they are trying to make the world better, at least most of them, and the foundation of its population is stronger, more reliable and healthier, you need only helping them, coming up, demonstrating with their inspirational desires and examples that changes are possible. Therefore, it is likely that in the near future, revived ancient teachings in the form of Ayurveda will receive a new impetus for popularity and development.

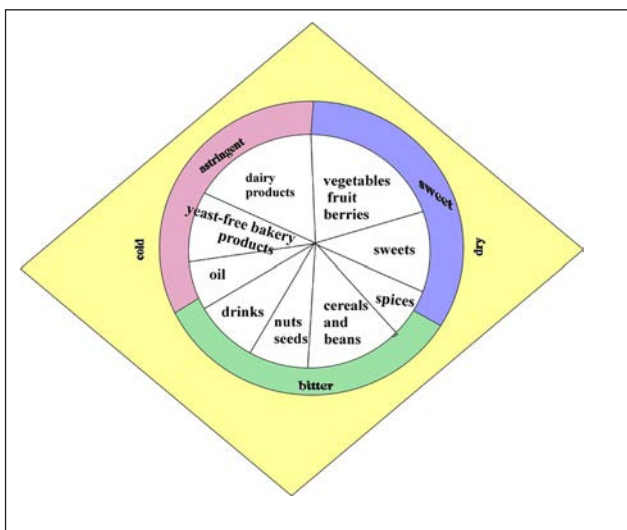


Fig. 6. Plate of nutrition for Pitta Dosha

Prospects for further research. Using, attracting pyramids and plates of nutrition to the diet of the population is a topical issue, as the culture of nutrition at the moment is at a low level, and very similar informative models, such as Ayurvedic plates for three doshas,

are called to change it. Since Ayurvedic knowledge of nutrition is in the shadow and is not perceived by the academic community, a deep, comprehensive study of the doctrine should be introduced that will definitely become destitute or convinced of its importance.

References:

1. Walter P., Infanger E. Food Pyramid of the Swiss Society for Nutrition. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2007. № 2. P. 15–20.
2. Смоляр В.І. Типологія харчування. *Проблеми харчування*. 2006. № 1. С. 24–30.
3. Смоляр В.І. Еволюція європейського харчування. *Проблеми харчування*. 2004. № 1. С. 15–21.
4. Nakamoto K. A New Japanese Vegetarian Food Guide. *Asia-Pacific Journal of Public Health*. 2009. № 2. P. 160–169.
5. Venti C.A., Johnston C.S. Modified food guide pyramid for lactovegetarians and vegans. *J Nutr*. 2002. № 132. P. 1050–1054.
6. Clarys P. Comparison of nutritional quality of the vegan, vegetarian, semi-vegetarian, pesco-vegetarian and omnivorous diet. *Nutrients*. 2014. № 3. P. 1318–1332.
7. Fowels E.R., Gabrielson M. First trimester predictors of diet and birth outcomes in low-income pregnant women. *J Community Health Nurs*. 2005. № 22. P. 117–130.
8. Bojar I. Change in the quality of diet during pregnancy in comparison with WHO and EU recommendations-environmental and sociodemographic conditions. *Ann Agric Environ Med*. 2006. № 13. P. 281–286.
9. Рекомендації щодо здорового харчування дорослих. 2017. МОЗ України, 20 с.
10. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Харчування як основна складова системи оздоровлення: точки зору Аюрведи і вітчизняної нутриціології. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. № 6. С. 117–125.
11. Singh M., Sharma T. Proposal for Exploring Possibilities for Finger Photoplethysmography as a Substitute for Pulse Diagnosis in Ayurveda. *International Journal of Computer Science and Communication*. 2012. № 2 (in press).
12. Hankey A. The Scientific Value of Ayurveda. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine Vol.* 2005. № 2. P. 221–225.
13. Jayasundar, R., Quantum physics, ayurveda and spirituality. In *Science and Spiritual Quest*, Bhaktivedanta Institute, Kolkata, India. 2008. P. 11–28.
14. Singh M., Sharma T. Finger pulse plethysmograph feature selection for pitta detection in human body. *IJCSC*. 2012. № 1. P. 83–84.
15. Jayasundar R. Ayurveda: a distinctive approach to health and disease. *Current Science*. 2010. № 7. P. 908–914.
16. Paууappallimana U., Venkatasubramanian P. Exploring Ayurvedic Knowledge on Food and Health for Providing Innovative Solutions to Contemporary Healthcare. *Front Public Health*. 2016. № 4. 57–59.

Дітріх І.В., Неміріч О.В., Гавриш А.В., Устименко І.М., Гуменюк А.А. ПІРАМІДИ ТА ТАРИЛКИ ХАРЧУВАННЯ

У статті проаналізовано роль харчування в життєдіяльності людини, взаємозв'язок харчування з наслідками для здоров'я, оскільки здорове харчування на нинішньому етапі розвитку людства знаходиться у формі тіні. Збереження та підтримання здоров'я українців та профілактика хронічних захворювань можливі лише у випадку перегляду ставлення до раціону харчування та способу власного життя в цілому. Згідно з аналізом основою традиційного харчування населення повинен бути раціон, який включає натуральну та нерафіновану їжу. Необхідно дотримуватись помірності в їжі та обмеження вживання рафінованих продуктів харчування, в першу чергу солодоців та жирів низької харчової цінності.

Проведено аналіз досвіду вдосконалення та розвитку інноваційних принципів харчування, вирішення проблем незбалансованого харчування шляхом систематизації наявної та набутої інформації на прикладі пірамід та тарілок харчування, які постійно вдосконалюються та зазнають суттєвих змін. Виходячи з багаторічного досвіду вчених світового класу надано обґрунтування доцільності встановлення та впровадження до раціону населення України правил та методів, заснованих на пірамідах

та тарілках харчування з урахуванням ряду визначальних факторів, таких як: клімат, вік населення, асортимент харчових продуктів, характерний для країни та її регіонів.

Оскільки культура харчування українців та аюрведичні знання про харчування знаходяться на низькому рівні та в тіні, запропоновано аюрведичні тарілки за трьома дошами. Кожна доша має виразну спорідненість із певними органами людини, і вони, як правило, накопичуються в певних місцях. Таким чином, можна визначити необхідне для себе харчування та спосіб життя залежно від конституції людини.

Запропонована авторами інформація надасть нового поштовху для поліпшення харчування населення України через піраміди та тарілки харчування.

Ключові слова: харчова піраміда, тарілка харчування, оздоровче харчування, аюрведа, аюрведична їжа.

Дубініна А.А.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Летуца Т.М.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Новікова В.В.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ ЧЕРЕШНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛІКАРСЬКО-РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ

Черешня – найдавніша з рослин вишневого підроду. Завдяки своєму багатому хімічному складу (цукор, клітковина, геміцелюлоза, органічні кислоти, пектин, вітаміни груп В, РР, С, біотин, солі заліза, флавоноїдні глікозиди, ефірні олії, кумарини, амігдалін) і поживним властивостям плоди давно реалізується на прилавках та використовуються в медицині. Однак шкірка черешні дуже тонка й ніжна, тому її легко пошкодити та вивільнити назовні сік плоду, який є поживним середовищем для мікроорганізмів. Зниження втрати плодів у передзбиральний період вирішують із застосуванням відповідних синтетичних засобів; при зберіганні у сховищах використовують мембранні технології й установки з мембранами, пристрій для електронно-іонної обробки плодів на основі електроіонізації повітря, гідроохолодження сатурованим водяним розчином антисептика, також плоди зберігають у спеціальній коробці зі стерилізацією, пластичних пакетах та використовують антибактеріальні плівки поліолефіну. Сучасні методи зберігання плодів черешні не завжди економічно ефективні, оскільки вони передбачають використання дорогого обладнання або сировини, а недоброякісні матеріали є шкідливими для людини.

*Існує багато чинників, що призводять до механічного пошкодження плодів черешні: птахи, комахи, довготривалі проливні дощі, недотримання правил збирання, транспортування й фасування врожаю. Ці чинники призводять до захворювань, які спричиняють гриби: *Monilinia fructicola*, *Monilinia laxa*, *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea*, *Scerotinia sclerotiorum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium italicum*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum*, *Aureobasidium pullulans* та ін.). Після ретельного аналізу сучасної вітчизняної та зарубіжної літератури нами обрано екстракти, а саме екстракти з листя алое, суцвіття ромашки й кори ялини, які зменшують розвиток основних патогенів черешні, що дозволить збільшити термін зберігання плодів.*

Ключові слова: черешня, бактерії, грибки, зберігання, специфічна мікрофлора, фунгіцидна дія, антибактеріальні властивості.

Постановка проблеми. Черешня – найдавніша з рослин вишневого підроду. У медицині давно використовується м'якоть черешні, її кісточка й навіть камедь рослини. М'якоть плодів містить близько 10% цукрів, а також клітковину, геміцелюлозу, органічні кислоти, пектини, вітаміни груп В, РР, С, біотин, солі заліза, флавоноїдні глікозиди, ефірні олії, кумарини, амігдалін. Залежно від сорту черешні й умов її дозрівання хімічний склад продукту варіюється, але в будь-якому плоді темно-червоного забарвлення серед флавоноїдів міститься ряд антоціанів (ціанідин 3-рутинозид, ціанідин 3-глюкозид, пеларгонідин 3-рутинозид, пеонідин 3-рутинозид), гідроксицинамічні кислоти й похідні.

Плоди черешні погано переносять транспортування, оскільки під час нього трапляється багато

випадків їх механічного пошкодження. У разі довготривалого транспортування плодів слід забезпечити температурний контроль у камерах перевезення. Перед перевезенням слід провести ретельний контроль плодів, відбір вражених або підозрілих одиниць та сортування за тургором і розміром, що не завжди виконується. Картоні коробки, які є досить розповсюдженою та дешевою первинною тарою при перевезенні плодів черешні, можуть убирати сік пошкоджених фруктів і спричиняти зараження здорових плодів у всій коробці. Основним чинником втрати врожаю плодів черешні через гниття є їх псування під час тривалого транспортування [1].

Розробка нових методів і засобів, що зможуть подовжити термін зберігання черешні, є перспективним напрямом наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній науковій літературі запропоновано зберігати плоди черешні у сховищах за низьких температур (не більше 2° C) із вологістю повітря 90–95%. Цей спосіб забезпечує найбільш тривале зберігання та зменшення кількості випадків псування [2].

На сучасному етапі розвитку технологій зберігання плодів широко використовуються (табл. 1) такі засоби:

1) мембранні технології й установки з мембранами в різних галузях виробництва для обробки (розділення та очищення) як рідких, так і газоподібних сумішей;

2) пристрій для електронно-іонної обробки плодів на основі електроіонізації повітря;

3) гідроохолодження сатурованим водяним розчином антисептика і завантаження в термостатичне сховище;

4) спеціальні коробки зі стерилізацією та пластичні пакети;

5) антибактеріальні плівки поліолефіну.

Шкірка черешні дуже тонка й ніжна. Її легко пошкодити у наслідок чого вивільняється сік, багатий на вуглеводи, що є поживними речовинами для мікроорганізмів. На сучасному етапі розвитку технологій зберігання плодів усе більше уваги приділяють новим методам зберігання черешні. Зниження втрат плодів у передзбиральний період вирішують із застосуванням відповідних синтетичних регуляторів росту. Однак у вітчизняній та зарубіжній науковій і патентній літературі відсутня інформація про вплив регуляторів росту на якість і лежкість плодів під час зберігання.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз літературних джерел щодо сучасних способів зберігання черешні та використання лікарсько-технічної сировини для збереження товарного вигляду й подовження термінів зберігання плодів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перед, під час та після збирання врожаю існує багато чинників, що призводять до механічного пошкодження плодів черешні: птахи, комахи, довготривалі проливні дощі, недотримання правил збирання, транспортування й фасування врожаю.

Нааявність липкого шару навколо плоду – одна з ознак його псування, але контроль цього показника не є визначальним під час бракування. Такий шар змивають водою, після чого плоди висушують. Під час збирання врожаю, можуть відриватися черешки, що призводить до витікання соку, навіть у разі цілісності шкірки. Сік вражених фруктів активно заражає інші здорові плоди. У

разі витікання соку плід втрачає тургор тканин м'якоти й стає м'яким, що теж вказує на початок розвитку процесів псування [19].

Оскільки в плодах черешні міститься велика кількість цукру й відносно мало органічних кислот, а також, на відміну від вишні, більше води, пектину й клітковини на шкоду іншим поживним речовинам, то їх основними мікроорганізмами-сапрофітами є гриби [20].

Відомі гриби-шкідники, що вражають плоди черешні – це представники різних видів *Monilinia fructicola*, *Monilinia laxa*, *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium italicum*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum*, *Aureobasidium pullulans* та ін. [21].

Важливим чинником, що впливає на вид шкідника, яким інфікується плід, є кліматичні умови. Тепла зима призводить до формування здвоєних плодів, з'єднаних рубцем, що є стартовим місцем розвитку інфекції *Alternaria alternata* й *Rhizopus stolonifer*. *Alternaria alternata* часто вражає плоди ще на етапі збору врожаю або під час пакування в разі пошкодження чи утворення мікротріщин на шкірці черешні. Дощі в період цвітіння збільшують ризик ураження плодів *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructicola*, *Monilinia laxa* через те, що ці гриби локалізуються на квітках рослини. Сильні дощі перед збором врожаю, що можуть пошкодити фрукти, багаторазово збільшують імовірність ураження плодів грибами й деякими видами бактерій. У разі раннього збору врожаю, через високу температуру міжсезоння, основними патогенами фруктів стають *Botrytis* й *Monilinia*. *Rhizopus* уражає зазвичай стиглі або перестиглі плоди. У разі пізнього збору врожаю й подальшого тривалого зберігання виникає інвазія *Alternaria alternata*, також під час тривалого зберігання розвиваються гриби роду *Penicillium* [22].

Більшість хвороб спричиняються патогени плодів черешні: *Monilinia fructicola*, *Alternaria alternata*, *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* й *Rhizopus stolonifer* [22–24]. Сіра гниль, яку викликає *Botrytis cinerea*, уражає в першу чергу квітки рослин у період цвітіння. Грибок утворює багато спор і активно вражає плоди черешні в період збору врожаю, крім того, може інфікувати й ще зелені фрукти й утворювати в них спори та гіфи для розповсюдження на інші здорові плоди. Розповсюдження відбувається під час прямого контакту або через повітря – спорами. Під час візуального контролю інфекцію *Botrytis cinerea* виявляють на плодах як світло-коричневі плями. Оптимальна

температура для її розвитку становить 20°C; у разі зниження температури під час зберігання *Botrytis cinerea* переходить до спороутворення, що дозволяє інфекції при нормалізації температури під час перевезення або зберігання в торгових точках знову відновитися [25].

Monilinia fructicola викликає буру гниль, яка з'являється на зелених або перестиглих плодах та квітках. На дереві спори патогену переносяться вітром і водою з місць локалізації інфекції на здорові квітки й плоди, що провокує високий ступінь зараження ще до збору врожаю. Також зараження відбувається у разі прямого контакту з інфікованими плодами під час збирання врожаю, збері-

гання у сховищах і транспортування. Симптоматика враження *Monilinia fructicola* дуже схожа на *Botrytis cinerea*, що іноді спричиняє необхідність використання лабораторних методів аналізу, щоб відрізнити мікроорганізми. Температурний оптимум розвитку відповідає 25 °С, але гниль може активно розвиватися й при 5° С, що призводить до розповсюдження цієї хвороби серед плодів черешні безпосередньо в умовах торгової точки, де температура рідко буває нижчою [26].

Інфекція *Rhizopus stolonifer* є однією з основних проблем перестиглих плодів черешні. Зазвичай інвазія цього патогену відбувається на місці механічного пошкодження. Інфекція майже не вражає

Таблиця 1

Сучасні технології зберігання кісточкових плодів, у тому числі черешні

Автори	Опис
Обладнання й установки	
А.М. Крюкова	Мембранні установки є компонентами складних технологічних комплексів, зокрема біореакторів, де утворюються цінні біохімічні продукти. Особливості застосування порожнисто-волоконних мембран разом із великою питомою площею мембранної поверхні на одиницю об'єму реактора, а також технологічність їх виготовлення дає можливість отримати продуктивні й ефективні установки. Застосування мембранно-компресорних установок дозволяє отримувати азот у декілька (від двох до десяти) разів дешевше, ніж вироблений за криогенною або адсорбційною технологією [3]
Д.С. Степаненко	Пристрій Д.С. Степаненко для електронно-іонної обробки плодів на основі електроіонізації повітря дозволяє зберігати черешню до 90 діб. Автор проаналізував гістологічні зрізи та довів, що під час зберігання плодів черешні поряд із біохімічними змінами виникають зміни в їхній клітинній структурі, які будуть найменшими у плодах, оброблених іонізованим повітрям, що дозволяє зберігати їх без істотних порушень в структурі клітин і на 60–70 діб відтермінувати початок деструкційних процесів. Цей спосіб забезпечує найкращу транспортабельність плодів і їх якість після зберігання [4]
Гідроохолодження і завантаження в термостатичне сховище	
О.І. Квасенков	О.І. Квасенков [5] пропонує застосовувати гідроохолодження сатурованим водяним розчином антисептика і завантаження в термостатичне сховище. У ролі антисептика використовують препарат, отриманий шляхом послідовного екстрагування біомаси мікроміцетів <i>Saprolegnia parasitica</i> неполярним екстрагентом у надкритичному стані: водою–лугом, водою–кислотою, водою–лугом і водою з наступним об'єднанням першого екстракту з твердим залишком. Подібний спосіб також описано в патенті С.А. Єрмоленко, В.Д. Надикта, І.О. Квасенкова [6]
О.І. Квасенков, В.О. Ломачинський, Е.С. Гореньков	Спосіб передбачає гідроохолодження і завантаження в термостатоване сховище, в якому для гідроохолодження використовують водяний розчин речовин R1-NHn-R4-n, R1-(CH2)m-NHn-R3-nX або R1-(CH2)m-NHn-R3-n-X [7–14]
Спеціальні коробки (тара)	
С. Cunkun, W. Wensheng, J. Ning	Корпус коробки, що має верхній отвір, консервує тепловий шар на внутрішніх бокових стінках, де зберігається тепло. Таким чином, генератор малого розміру здатен безперервно виробляти озон. Вироблений озон має функцію стерилізації, що уповільнює перебіг хімічних процесів у плодах [6, 15]
О.М. Томчук	Пластичний пакет складається із кришки та коробки з подвійними стінками. У зазорі між зовнішньою і внутрішньою стінками по периметру пакета містяться капілярні трубки з водою, температура якої дорівнює заданій температурі в камері [17]
Антибактеріальна плівка	
Z. Yanwen, W. Shijun, Z. Ping, Li Jiazheng	Плівка посилює фізичний антибактеріальний ефект, зменшує використання хімічного консерванту, вторинне забруднення хімічними речовинами навколишнього середовища і продуктів. Крім того, плівка покращує зовнішній вигляд плодів і овочів, підвищує товарну привабливість продукту [18]

фрукти до збору, але може виникати однаково на будь-якому з етапів підготовки плодів для продажу: під час збирання врожаю, контролю, сортування, пакування, зберігання й транспортування. Зниження температури в умовах зберігання майже не впливає на розвиток шкідника. Спори *Rhizopus stolonifer* є основним джерелом інфекції цього мікроорганізму; крім того, він утворює великий помітний міцелій, який може поширюватися на здорові плоди, також інфекція передається через сік уражених плодів. Ця хвороба характеризується появою великого білого міцелію з довгими утвореннями, які поширюються в різні боки, і чорним спорангієм [27].

Зараження перестиглих або м'яких плодів черешні *Penicillium expansum* відбувається зазвичай у період зберігання у сховищах для зібраного врожаю або на складах торговельної точки. Гриб викликає водянисту гниль із появою масивного міцелію з блакитно-зеленими спорами на поверхні шкірки черешні. У першу чергу грибок розповсюджується через потріскані, подавлені й пошкоджені плоди [22].

Гниття, спричинене *Alternaria alternata*, виникає лише на подавлених, роздвоєних та пошкоджених плодах черешні й характеризується темно-зеленими плямами на плодах. Інфекція виникає на перестиглих плодах у період перед збором врожаю. Використання сучасних фунгіцидів дозволяє ефективно контролювати розповсюдження цього шкідника [22].

Зазначений спектр хвороб плодів черешні після збору врожаю обумовив використання фунгіцидів для запобігання псуванню плодів. Із цієї метою використовуються контактні й системні фунгіцидні сполуки різних класів, зокрема тебуконазол, флудіоксоніл, фенгексамід, піриметаніл. Ці сполуки мають несприятливий профіль токсичності (виявляють цитотоксичність) і можуть завдати шкоди здоров'ю людини у разі споживання їх із їжею. Крім того, системні фунгіциди не можливо видалити із плоду звичайною обробкою водою, бо більшість молекул засобу проникає у м'якоть плода [28].

Сучасні методи зберігання плодів черешні не завжди економічно ефективні, а препарати, що пригнічують основні патогени плоду, не можливо видалити звичайною обробкою водою. Необхідно шукати методи, що не завдають шкоди організму людини. Нами проаналізовано три види лікарської сировини, які використовуються в медицині та мають антибактеріальні властивості, а саме екстракти з листя алое, кори магнолії та лікарська рослинна сировина (ЛРС) ялини.

Алое (*Aloe vera*) – зелена багаторічна рослина родини *Xanthorrhoeaceae*. Основним джерелом БАР цієї рослини є її листки, які мають велику відносну тканинну вагу й високий тургор. Завдяки широкому спектру умовно нетоксичних біологічно активних сполук у своєму складі екстракти з листя алое вже досить давно використовуються в косметології й фармації.

Основними активними компонентами екстрактів алое є флавоноїди (1,9%) й фенольні сполуки (13,1%), також до її складу входять алкалоїди, таніни, стероїди, тритерпеноїди, глікозиди та ін. У фармацевтичній промисловості екстракти алое зазвичай стандартизують за вмістом алоїну й галової кислоти, що є корисними для здоров'я людини й, крім того, нетоксичними природними консервантами [29].

Той факт, що фенольні сполуки негативно впливають на розвиток та життєдіяльність мікроорганізмів і мають антигрибкову й антимікробну активність є загальноновизнаним. Прості феноли здатні руйнувати цитоплазматичну мембрану клітини, а похідні фенолів можуть прямо інгібувати синтез клітинних протеїнів. Останні дослідження вказують на багатотаргетність дії фенольних сполук, що приводить до пригнічвання мікроорганізмів [30, 31]. Слід також зазначити що фенольні сполуки давно були задіяні в лікуванні хвороб плодів рослин у багатьох садівництвах і саме екстракти з високим вмістом фенольних сполук уже досліджувалися як потенційні засоби для захисту плодів черешні після збору врожаю [32, 33].

Найбільшу увагу серед хімічних складових листя алое викликає алоїн і його гідроксильовані форми. Ця фенольна сполука з ряду антрахінонів має високу фунгіцидну й бактерицидну активність. Вона в концентрації лише 0,2% здатна інгібувати ріст міцелію грибів родів *Colletotrichum* й *Fusarium* на 53,1%, та, за результатами дослідження Pradeep Kumar Dubey і співавторів, не сильно поступається за антимікробною й антигрибковою активністю ампіциліну [34, 35].

Разом із цим існує багато робіт щодо фунгіцидної дії екстрактів із листя алое, особливо відносно мікроорганізмів родів *Penicillium*, *Botrytis* й *Alternaria* [33, 36]. Rosca-Casian і співавтори довели, що водно-спиртові екстракти *Aloe vera* виявляють високу протигрибкову активність (зменшують ріст міцелію) до відомих патогенів фруктів родів *Botrytis*, *Fusarium*, *Heterosporium* і *Penicillium* із мінімальною фунгіцидною концентрацією (близько 80–100 мкл/мл) [37]. Раніше

Saks і Barkai-Golan помітили, що вже в дозі 1 мкл/л водяний екстракт алое здатен знищувати спори *Penicillium digitatum*, *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* й *Alternaria alternata* та досягав майже 95-відсоткової ефективності в концентраціях 100–105 мкл/л [38]. Крім того, неодноразово успішно досліджувалася загальна фунгіцидна активність водних та спиртових екстрактів алое на грибах роду *Candida*, що є вторинними патогенами, які вражають плід на останніх стадіях гниття [35, 39]. Водяний екстракт алое був досліджений на протигрибкову активність на мікробіологічному об'єкті *Alternaria alternata* (що є однією з головних мішеней сучасних фунгіцидів) і в концентраціях 25–100% інгібував ріст міцелію на 50–70% відповідно [38].

Крім того, існують успішні спроби застосування екстракту алое в сільськогосподарському секторі безпосередньо для захисту плодів харчових культур після збору від мікроорганізмів-шкідників. Занурення плодів винограду в екстракт алое (*Aloe Vera Extra*, *Zuccari*, *Trento*, *Italy*) дало можливість подовжити термін зберігання винограду в необхідних умовах ($4 \pm 0,5$ °C) на шість днів [40]. Застосування екстракту алое в комбінації з аскорбіновою кислотою дало можливість ефективно зменшити кількість дріжджових і цвілевих популяцій на плодах і знизити втрати врожаю за необхідних умов зберігання [41]. Гідрогель на основі алое був спеціально розроблений (SP Patent File P200302937) саме для зменшення втрат урожаю плодів черешні під час зберігання у сховищах і подовження їх терміну зберігання й придатності [42]. Гелі на основі алое виявляють фунгіцидну дію відносно таких патогенів плодів черешні, як *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* й *Penicillium digitatum* [43]. Також розроблено засіб на основі комбінації екстрактів, що містить екстракт алое. Під час оцінювання окремого протигрибкового потенціалу він показав високу ефективність відносно *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum* й *Rhizopus stolonifer* [44].

Суцвіття ромашки (*Matricaria chamomilla*) є джерелом багатьох біологічно активних сполук, які можуть впливати на різні види мікроорганізмів, у тому числі на патогени роду *Monilinia*, що мають резистентність до більшості природних фунгіцидів. У ЛРС рослини міститься 0,24–1,90% ефірної олії, що складається з різних компонентів, здебільшого терпеноїдів і флавоноїдів [45, 46]. Основними компонентами ефірної олії є α -бісаболол та оксиди азулену, у тому числі їх хамазуленові й ацетиленові похідні. Крім того,

ефірна олія ромашки містить велику кількість фенольних кислот, фарнезену й α -пінену, а також близько 0,6% сесквітерпенових лактонів типу гермакраноліду, глікозиди, гідроксикумарини, флавоноїди (апигенін, лютеолін, патулейтин і кверцетин), кумарини (герніарин, умбеліферон) й інші терпеноїди та фенольні сполуки. Саме ці сполуки відповідають за пригнічення росту й розвитку бактерій та патогенних грибів [47].

Наявність потужної загальної антибактеріальної активності в екстрактах із ЛРС ромашки є загальновідомим фактом. Завдяки цим властивостям екстракти ромашки вже давно використовуються в медицині як антисептики й антибактеріальні засоби. Одне з останніх великих досліджень протимікробних властивостей спиртового екстракту ромашки було проведене на модельних об'єктах *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* й *Klebsiella pneumoniae*. Дослідження показало, що екстракт у кількості 5 мкг після інкубації утворював зону інгібування росту мікроорганізмів від 10 мм до 35 мм залежно від виду мікроорганізму [48].

Загальну протигрибкову дію водяного екстракту ромашки було досліджено на патогенних грибах рослин *Aspergillus niger* і *Penicillium citrinum*. Установлено, що він майже повністю інгібував ріст міцелію всіх експериментальних мікроорганізмів у концентрації 40 мкг/диск, що було порівняно з ефективністю протигрибкового лікарського засобу гризеофульвіну [49].

Головним чинником вибору екстракту суцвіття ромашки як компонента захисного засобу для плодів черешні стало дослідження G. Teodorescu та співавторів, що показало високу активність вуглекислого екстракту *Matricaria chamomilla* у складі комбінованого засобу проти найнебезпечнішого патогену плодів роду *Monilinia* й можливість застосування засобів на основі екстрактів ромашки в сільському господарстві. У ході дослідження було проведено декілька серій мікробіологічних модельних експериментів. У сприятливих для патогену умовах у 10% концентрації в агарі за умов короткострокової інкубації комбінований екстракт зменшував ріст майже вдвічі. А за довгострокової інкубації під впливом екстракту впродовж 7 днів розмір колоній був майже на 5,5 см меншим порівняно з негативним контролем, через 14 днів – на 3 см, через 21 день – на 2 см, що вказує на стабільну й тривалу активність екстракту ромашки проти *Monilinia* spp. [50].

Як ЛРС для засобу також рекомендована кора ялини, оскільки в ній міститься більше всього

речовин із протигрибковою дією, але відносно *Picea abies* це є опцією, й екстракт кори можна замінити на будь-який інший, наприклад хвої, коріння або шишок, з урахуванням дещо зменшених концентрацій активних речовин.

Кора ялини багата на фенольні сполуки, особливо на стильбени: пікетананол, астингін, ресвератрол, піцид, ізорапонтигенін, ізорапонтин та стилбенглікозиди [51]. Відомо, що ці фенольні діарилетеленові сполуки мають протимікробні й, головне, надзвичайно високі протигрибкові властивості, бо саме вони є чинниками захисту рослини від патогенних мікроорганізмів [52].

Дослідження загальних протигрибкових властивостей екстракту кори ялини відносно *Plasmopara viticola* визначили майже повне інгібування росту міцелію. Він може бути використаний у харчовій промисловості як ефективний безпечний протигрибковий засіб [53]. У дослідженнях Sandra Minova встановлено, що спиртовий екстракт кори ялини в концентрації 20 мг/л на 100% інгібував ріст міцелію патогенів

рослин *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum acutatum*, *Phytophthora cactorum* і *Mycosphaerella fragariae*. Разом з екстрактом кори сосни він був запропонований захисний засіб для плодів полуниці під час зберігання [54].

Висновки. Сучасні методи зберігання плодів черешні пригнічують грибкові інфекції та дозволяють зберігати фрукт до 90 днів. Однак ці методи є економічно неефективними, оскільки вони передбачають використання дорогого обладнання та сировини. Технології зберігання з використанням дешевих матеріалів дозволяють пригнічувати грибкові інфекції та зберігати плоди черешні менше 90 днів, але вони не завжди безпечні. У разі недоброякісного очищення (промивання) фруктів такі матеріали виявляють токсичні властивості.

Ураховуючи вищесказане, авторами рекомендовано використовувати композицію з екстрактів із листя алое, суцвіття ромашки й кори ялини. Такі екстракти знешкоджують увесь спектр основних патогенів черешні, що дозволяє подовжити термін зберігання плодів.

Список літератури:

1. Cappellini R.A., Ceponis M.J. 1984. Postharvest losses in fresh fruits and vegetables / In: H.E. Moline (ed.), Postharvest pathology of fruits and vegetables: postharvest losses in perishable crops. Univ. Calif. Bull. 1914. 24-30 p.
2. Schneider G.R., Schneider K.R., Archer D.L. *FSHN06-01. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences*. Food Safety on the Farm – An Overview of Good Agricultural Practices. 2015. Sept. 04.
3. Крюков А.М. Разработка мембранно-компрессорной установки для хранилищ сельскохозяйственной продукции в регулируемой газовой среде: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Крюков А.М.; Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар., 2005. 117 с.
4. Степаненко Д.С. Вплив електроіонізованого повітряного середовища на тривалість зберігання плодів черешні: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.18.03 / Херсонський нац. технічний університет. Херсон, 2005. 23 с.
5. Пат. 2002 117 666 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/155, С12Р 1/02. Способ подготовки плодов или овощей к хранению / Квасенков О. И.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 2002117666/13; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 2002118149/13; Заявл. 03.07.2002; опубл. 27.12.2003.
6. Пат. 2002 118 144 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/154, А23L 3/3463, С12Р 1/02. Способ хранения плодов или овощей / Ермоленко С.А., Надыкта В.Д., Квасенков О.И.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 2002118144/13; Заявл. 08.07.2002; опубл. 10.01.2004.
7. Пат. 99 110 011 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/153. Способ подготовки плодов или овощей к хранению / Квасенков О.И., Ломачинский В.А., Гореньков Э.С.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 99110011/13; Заявл. 11.05.1999; опубл. 10.06.2001.
8. Пат. 99 110 015 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/153. Способ подготовки плодов или овощей к хранению / Квасенков О.И., Ломачинский В.А., Гореньков Э.С.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 99110015/13; Заявл. 11.05.1999; опубл. 10.06.2001.
9. Пат. 99 110 034 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/153. Способ подготовки плодов или овощей к хранению / Квасенков О.И., Ломачинский В.А., Гореньков Э.С.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 99110034/13; Заявл. 11.05.1999; опубл. 10.06.2001.

10. Пат. 99 110 038 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/153. Способ подготовки плодов или овощей к хранению / Квасенков О.И., Ломачинский В.А., Гореньков Э.С.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 99110038/13; Заявл. 11.05.1999; опубл. 10.06.2001.
11. Пат. 99 110 245 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/153. Способ хранения плодов или овощей / Квасенков О.И., Ломачинский В.А., Гореньков Э.С.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 99110245/13; Заявл. 11.05.1999; опубл. 10.06.2001.
12. Пат. 99 110 236 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/153. Способ хранения плодов или овощей / Квасенков О.И., Ломачинский В.А., Гореньков Э.С.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 99110036/13; Заявл. 11.05.1999; опубл. 10.06.2001.
13. Пат. 99 110 018 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/153. Способ хранения плодов или овощей / Квасенков О.И., Ломачинский В.А., Гореньков Э.С.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 99110018/13; Заявл. 11.05.1999; опубл. 10.06.2001.
14. Пат. 99 110 035 А Российская Федерация, МПК А01F 25/00, А23В 7/153. Способ подготовки плодов или овощей к хранению / Квасенков О.И., Ломачинский В.А., Гореньков Э.С.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений. № 99110035/13; Заявл. 11.05.1999; опубл. 10.06.2001.
15. Пат. CN201849811 (U), МПК В32В27/08, В32В27/30, В32В27/40, В65D21/036, В65D55/02, В65D81/18, В65D81/28, В65D81/38. Fruit and vegetable storage-transportation fresh-keeping box with functions of sterilizing and degrading pesticide residue / Cunkun Chen, Wensheng Wang, Ning Jia; Заявл. 11.11.2010; опубл. 01.06.2011.
16. Пат. CN102001490 (A) Российская Федерация, МПК В32В27/08, В32В27/30, В32В27/40, В65D21/036, В65D55/02, В65D81/18, В65D81/28, В65D81/38. Fruit and vegetable storage and transportation fresh-keeping box with functions of sterilization and pesticide residue degradation / Cunkun Chen, Wensheng Wang, Ning Jia; Заявл. 11.11.2010; опубл. 06.04.2011.
17. Пат. CN104309903 (A), МПК В29С55/28, В29D7/01, В65D30/02, В65D65/02. C08K3/16, C08L23/06, C08L23/08, C08L3/04, C08L3/08. Preservative film for short-term storage of fruits and vegetables, preparation method of preservative film and prepared preservative bag / Shi Dixing; Заявл. 25.09.2014; Опубл. 28.01.2015.
18. Пат. 20183 (U) Україна, МПК А23В 4/00, А01F 25/00, С08В 37/00. Застосування водного розчину хітозану як консерванта для обробки продуктів харчування рослинного походження перед збереженням / Кавиршин О.П.; заявник та патентовласник Федоров С.А. № u200607684; Заявл. 10.07.2006; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1.
19. Albouvette C., Olivain C., Steinberg C. *Eur. J. Plant. Pathol.* Biological control of plant diseases: The European situation., 2006. Vol. 114. P. 329–341.
20. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов. 4-е изд., перераб. и доп. Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 2005. 521 с.
21. Harvey J.M., Smith W.L., Kaufman J. Market diseases of stone fruits: Cherries, peaches, nectarines, apricots and plums. *Agric : USDA*, 1972. Hb. 414. 64 p.
22. Joseph M. Ogawa, Harley English. Diseases of Temperate Zone Tree Fruit and Nut Crops. University California Division of Agriculture and Natural Resources : Oakland, CA. 1991. 461 p.
23. Wojciech J.J., William S.C. Combining biological control with physical and chemical treatments to control fruit decay after harvest. *Stewart Postharvest Review 2010, 1:3. An international journal for reviews in postharvest biology and technology.* 2010. March 01. 16 p.
24. Karabulut O.A., Arslan U., Kuruoglu G., Ozgenc T. Control of Postharvest Diseases of Sweet Cherry with Ethanol and Hot Water. *Journal of Phytopathology banner.* Uludag University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Gorukle Bursa, Turkey. 2004. May 11. 6 p. DOI: 10.1111/j.1439-0434.2004.00844.x.
25. Ogawa J.M., Manji B.T. Control of postharvest diseases by chemical and physical means. In Postharvest pathology of fruits and vegetables: Postharvest losses in perishable crops. *Univ. Calif. Div. Agric. Expt.* 1984. Stn. Publ. NE-87. 55–66 p.
26. Ogawa J. M., Manji B.T., Sonoda R.M. Management of the brown rot disease on stone fruits and almonds in California. In Proceedings of the Brown rot of stone fruit workshop, Ames. *New York State Agricultural Experimental Station Geneva Specific Report 55.* 1985. July 11. 8–15 p.
27. Zycha H., Siepman R., Linnemann G. Mucorales, eine Beschreibung aller Gattungen und Arten dieser Pilzgruppe. Cramer, Lehre. 1969. 355 p.

28. Nakagawa Y, Moore G.A. *Department of Toxicology, Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health, Japan*. Cytotoxic effects of postharvest fungicides, ortho-phenylphenol, thiabendazole and imazalil, on isolated rat hepatocytes. 1995. Vol. 57. Is. 15. P. 1433–1440.
29. Dinesh K Patela, Kanika Patelc. Phytochemical standardization of Aloe vera extract by HPTLC techniques. *Journal of Acute Disease*. 2012. Vol. 1. Is.1. P. 47-50. DOI: 10.1016/S2221-6189(13)60054-2.
30. Estevinho L., Pereira A. P., Moreira L., Dias L.G., Pereira E. Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey. *Food Chem Toxicol*. 2018. Vol. 46 (12). 5301-855 p. DOI: 10.1016/j.fct.2008.09.062.
31. Davidson P.M., Sofos J.N., Brenem A.L., *Antimicrobials in Foods. Third Edition / Ed. P. Michael Davidson John N. Sofos, A.L. Branen, New York. 2005. P. 291–306.*
32. Gattoa M.A., Sergioa L., Ippolitob A., Venere D.D. *Postharvest Biology and Technology*. Postharvest Biology and Technology Phenolic extracts from wild edible plants to control postharvest diseases of sweet cherry fruit. 2016. Vol. 120. P. 180–187.
33. *Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables: Development and Control 1st Edition / Barkai-Golan R. 2001. 442 p.*
34. Dubey P.K., Ganeshpurkar A., Dubey S., Kakkar A. *International Journal of Green Pharmacy*. Isolation and studies on chemotherapeutic potential of aloin. 2015. Januar March. 45–49 p.
35. Eugene Sebastian J. Nidiry, Ganeshan G., Lokesh A.N. Antifungal Activity of Some Extractives and Constituents of Aloe vera. *Research Journal of Medicinal Plants*. 2011. Vol. 5. Is. 2. P. 196–200.
36. Mng'omba S.A., Sileshi G., du Toit E.S., Akinnifesi F.K. Efficacy and utilization of fungicides and other antibiotic for aseptic plant cultures. In: Dhanasekaran D, Thajuddin N, Pannarselvam A (eds). *Fungicides for Plant and Animal Diseases*. / InTech: Janeza Trdine (Ed), Croatia. 2011. 245–254 pp. ISBN: 978-953-307-804-5.
37. Rosca-Casian O., Parvu M., Vlase L., Tamas M.F. Antifungal activity of Aloe vera leaves. *Fitoterapia*. 2007. Vol. 78 (3). Is. P. 219–222. DOI: 10.1016/j.fitote.2006.11.008.
38. Saks Y., Barkai-Golan R. Aloe Vera gel activity against plant pathogenic fungi. *Postharvest Biology and Technology*. 1995. Vol. 6, Is. 1–2. P. 159-165. DOI: 10.1016/0925-5214(94)00051-S 1995.
39. Nebedum J., Ajeigbe K., Nwobodo E., Uba C., Adesanya O., Fadare O., Ofusori, D. Comparative Study of the Ethanolic Extracts of Four Nigerian Plants Against Some Pathogenic Microorganisms. *Research Journal of Medicinal Plant*. 2009. Vol. 3. Is. 1. P. 23-28. DOI: 10.3923/rjmp.2009.23.28.
40. Alberio G.R.A., Muratore G., Licciardello F., Giardina G., Campinas G.S. Aloe vera extract as a promising treatment for the quality maintenance of minimally-processed table grapes. *Food Sci. Technol (Campinas)*. 2015. Vol. 35. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6471>.
41. Sogvar O.B., Saba M.K., Emamifar A. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2016. Vol. 114. P. 29-35.
42. Martinez-Romero D., Alburquerque N., Valverde J.M. Guillen F. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*. 2006. Vol. 39. Is. 1. P. 93-100.
43. Navarro D., Díaz-Mula H.M., Guillén F., Zapata P.J., Castillo S., Serrano M., Valero D., Martínez-Romero D. Reduction of nectarine decay caused by *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* and *Penicillium digitatum* with Aloe vera gel alone or with the addition of thymol. *Int J Food Microbiol*. 2011. Vol. 151. Is. 2. P. 241-246. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.09.009.
44. Onyeani C.A., Osunlaja S.O., Oworu O.O., Joda A.O. Evaluation of Effect of Aqueous Plant Extract in the Control of Storage Fungi. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 2012. Vol. 1. Is. 6. P. 76-79. ISSN 2277-8616 76 IJSTR
45. Mann C., Staba E.J. In *Herbs, Spices and Medicinal Plants: Recent Advances in Botany Horticulture and Pharmacology / In: Craker LE, Simon JE, editors. Phoenix, Arizona: Oryx Press; 1986. Vol. 2. 235–280 p.*
46. McKay D.L., Blumberg J.B. A review of the bioactivity and potential health benefits of chamomile tea (*Matricaria recutita* L.) *Phytother Res*. 2006. Vol 20. P. 19-30. DOI: 10.1002/ptr.1900.
47. Lemberkovics E., Kéry A., Marczal G., Simándi B., Szöke E. Phytochemical evaluation of essential oils, medicinal plants and their preparations. *Acta Pharm Hung*. 1998. Vol. 68. P. 141–149.
48. Alkuraishy H. M., Al-Gareeb A. I., Albuhadilly A. K., Alwindy S. In vitro Assessment of the Antibacterial Activity of *Matricaria chamomile* Alcoholic Extract against Pathogenic Bacterial Strains. *Microbiology Research Journal*. 2015. Vol. 77. P. 55–61.
49. Osman M.Y., Taie H.A., Helmy W.A., Amer H. Screening for antioxidant, antifungal, and antitumor activities of aqueous extracts of chamomile (*Matricaria chamomilla*). *Egypt Pharmaceut*. 2016. Vol. 15. P. 55-61.
50. Teodorescu G., Sumedrea M., Marin F.C., Murariu F. *International Society for Horticultural Science. The world's leading independent organization of horticultural scientists*. USE of vegetal extracts in control of *Monilia* spp. 2009. *Acta Hort*. 825, 363-370 p. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.825.57.

51. Li S.H., Niu X.M., Zahn S., Gershenzon J., Weston J., Schneider B. Diastereomeric stilbene glucoside dimmers from the bark of Norway spruce (*Picea abies*). *Phytochemistry*. 2008. Vol. 69. P. 772–782.

52. Schnee S., Queiroz E.F., Voinesco F., Marcourt Dubuis P.H., Wolfender J.L., Gindro K. *Vitis vinifera* Canes, a New Source of Antifungal Compounds against *Plasmopara viticola*, *Erysiphe necator*, and *Botrytis cinerea*. *J Agric Food Chem*. 2013. Vol. 61. P. 5459–5467.

53. Gabaston J., Richard T., Biais B., Waffo-Teguo P., Corio-Costet M.F., Mérillon J.M. Characterization of stilbenoids from the stem bark of Norway spruce (*Picea abies*) as antifungal agents. *Planta Med*. 2016. Vol. 82. P. 381. DOI: 10.1055/s-0036-1596789.

54. Minova S., Seđićna R., Voitkāne S., Metla Z., Daugavietis M., Jankevica L. Impact Of Pine (*Pinus sylvestris* L.) And Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Bark Extracts On Important Strawberry Pathogens. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B Natural Exact and Applied Sciences. Section B*. 2015. Vol. 69. P. 62–67. DOI: 10.1515/prolas-2015-0008.

Dubinina A.A., Letuta T.M., Novikova V.V. CURRENT ASPECTS OF BIRD-CHERRY CONSERVATION WITH THE USE OF MEDICINAL PLANT EXTRACTS

Bird-berry is the oldest of the cherry plants. Due to its rich chemical composition (sugar, fiber, hemicellulose, organic acids, pectin, B vitamins, PP, C, biotin, iron salts, flavonoid glycosides, essential oils, coumarins, amygdalin) and nutritional properties, fruits have long been sold in the markets and used in medicine. However, the bird-cherry skin is very thin and delicate, it can easily be damaged to obtain fruit juice, which is a nutritive environment for microorganisms. Reducing the loss of fruit in the pre-harvest period is solved by using appropriate synthetic materials. During storage, special membrane technologies and installations with membranes, a device for electron-ion treatment of fruits based on electroionization of air; hydrocooling with saturated aqueous solution of antiseptic are used. In addition, fruits are stored in a special box with sterilization, plastic bags, and use antibacterial films. Modern methods of storing bird-berries are not always economically effective as they presuppose the use of expensive equipment or raw materials, because low quality materials are harmful to humans.

*There are many factors that cause mechanical damage of bird-berry fruit: birds, insects, long-lasting heavy rains, non-compliance with the rules for harvesting, transporting and packing. These factors lead to fungal diseases: *Monilinia fructicola*, *Monilinia laxa*, *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium italicum*, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum*, *Aureobasidium pullulans*, etc. After careful analysis of modern domestic and foreign literature, we have selected extracts, namely extracts from aloe leaves, chamomile inflorescences and spruce bark, which reduce development of the main pathogens of bird-berries, which will increase the shelf life of fruits.*

Key words: *bird-berry, bacteria, fungi, storage, specific microflora, fungicidal action, antibacterial properties.*

УДК 664.72:[664.71-11:641.1]

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/19>**Любич В.В.**

Уманський національний університет садівництва

Новіков В.В.

Уманський національний університет садівництва

Лещенко І.А.

Уманський національний університет садівництва

ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ЛУЦЕННЯ ТА ВОДОТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗЕРНА НА ВИХІД І КУЛІНАРНУ ОЦІНКУ ПЛЮЩЕНОЇ КРУПИ ІЗ ПШЕНИЦІ ПОЛБИ

Зерно пшениці полби повною мірою може задовольнити сучасну потребу розширення асортименту готової продукції в ніші дієтичних продуктів. Попри зростання попиту на нову сировину, її потенціал залишається не розкритим, а оптимальні технології перероблення – не розробленими. Зерно пшениці полби має високі круп'яні властивості, тому оптимізація технології його перероблення на крупу нині є актуальною. Доцільним є виготовлення крупи плющеної, оскільки вона має найвищий попит із круп'яних продуктів.

Дослідження, що наведено в статті, спрямовані на вивчення технології перероблення пшениці полби на крупу плющену. У результаті проведених досліджень встановлено, що вихід крупи плющеної найбільше залежить від тривалості луцення й пропарювання. Найбільший вихід плющеної крупи із пшениці полби отримано із зерна, яке не піддавалося луценню, з 6–9-хвилинним пропарюванням – від 88,9 до 88,1%, залежно від тривалості темперування.

Збільшення індексу луцення істотно змінює вихід плющеної крупи із пшениці полби. Наприклад, за 6-хвилинного пропарювання та відволожування вихід крупи зменшувався з 88,6 до 72,1% за індексу луцення 11,6%. Проте під час збільшення індексу луцення зростає ефективність пропарювання крупи.

Каша із зерна пшениці полби характеризується високою кулінарною оцінкою. За індексу луцення зерна 0–3,2% цей показник становив 6,6–6,9 балів. Каша з високим вмістом оболонки характеризується дуже грудкуватою, з сильним хрустом і занадто жорсткою консистенцією під час розжовування і коричневим кольором. Збільшення індексу луцення зерна до 6,9% підвищує кулінарну оцінку до 7,8 балів. Найвищу кулінарну оцінку 8,5–8,9 балів мала каша за індексу луцення зерна 9,9–11,6%.

На основі аналізу отриманих результатів досліджень можна зробити висновок, що для зерна пшениці полби під час виробництва крупи плющеної необхідно проводити пропарювання впродовж 9 хв із коротким періодом відволожування (3 хв) й луцити упродовж 120 с, що відповідає індексу луцення зерна 9,9% та має високу кулінарну оцінку – 8,5 балів.

Ключові слова: пшениця полба, плющена крупа, луцення, пропарювання, відволожування.

Постановка проблеми. Круп'яні продукти мають постійний попит серед населення завдяки доступній ціні, легкості приготування і біологічній цінності. Значущість продукту для споживача визначається кулінарними властивостями і тривалістю приготування. Харчова цінність крупи залежить від виду культури, з якого одержано продукт, підготовчих операцій, проведених із зерном (луцення, пропарювання), і тривалості приготування, оскільки під час цього процесу значно руйнуються вітаміни. Встановлено, що для прискорення приготування крупи необхідно максимально збільшити її площу поверхні, а товщину –

зменшити. Для одержання потрібного результату використовується процес плющення, внаслідок цього одержаний продукт має вищу проникність водою під час варіння [1, с. 28]. Підготовчі операції перед плющенням призначені забезпечити високий вихід готового продукту з відмінними кулінарними властивостями. Встановлено оптимальні параметри виробництва плющеної крупи для зерна пшениці м'якої, вівса, спельти і тритикале, проте для пшениці полби ці технологічні елементи не вивчено.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конкурентоздатність серед харчових продуктів

чимало в чому визначається якістю сировини. Важливим фактором є вміст білка, що забезпечує біологічну цінність, а також особливі фізико-хімічні властивості, які зумовлюють здатність полімерів до взаємодії з іншими групами органічних сполук харчових систем [2, с. 126].

Згідно із зазначеними вимогами до сировини оптимально підходить вид півчастої пшениці – полба *Triticum dicocum* (Schrank) Schuebl. Вона є тетраплоїдною пшеницею з геномним складом, подібним до твердої пшениці. Пшениця полба добре росте на малородючих ґрунтах, холодостійка, витримує надмірне зволоження й посуху [3, с. 92]. Особлива увага до цієї культури в багатьох країнах Європи зумовлена її придатністю до органічного землеробства, а також її харчовою й технологічною якістю, що дає змогу частково замінити полбою пшеницю м'яку.

Технологічний процес отримання плющених пластівців передбачає, крім звичайних операцій з очищення від домішок і поверхні зерна, попереднє зволоження з відволоженням, пропарюванням, плющенням і сушінням [4, с. 17].

Лущення зерна призводить до зменшення кількості оболонки, що позитивно впливає на проникність води в крупу під час варіння; покращує консистенцію каші під час розжовування [5, с. 34].

Процес пропарювання полягає у впливі на зерно (крупу) вологи і тепла насиченою парою під тиском для спрямованої зміни їх властивостей. Проведенням процесу досягається зниження крихкості ядра із підвищенням його пластичності, що забезпечує ядро від крихкості під час лушення. Передача тепла від пари проходить за її конденсації на поверхні ядра. Тепло і волога поступово проникає всередину ядра, тому після пропарювання проводять відволоження протягом певного періоду часу [1, с. 28].

Постановка завдання. Використання пшениці полби як джерела білка, ненасичених жирних кислот, клітковини для виробництва плющених круп є перспективним. Для досягнення цілей потрібно провести вивчення впливу тривалості лушення (чинник А), режимів ВТО тривалості пропарювання (чинник В) і відволоження (чинник С) на вихід і якість крупы плющеної із зерна пшениці полби, а отже, дослідження є актуальним і практично значущим.

Методика досліджень. Дослідження проводили в лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського НУС «Оцінка якості зерна та зернопродуктів». Для експерименту використано зерно пшениці полби лінія LP 1152

(озима), вирощене в умовах Правобережного Лісостепу України 2018 р. Основні технологічні властивості – вміст білка 15,2%, маса 1000 зерен – 43 г, натура 780 г/л, склоподібність – 70%. Початкова вологість – 12,2%. Плющених крупу одержували з цілого і лушеного зерна пшениці полби. Маса досліджуваного зразка становила 100 г. Для лушення зерна використовували лабораторний лушитель УШЗ-1 із швидкістю обертання робочого органу 3000 об/хв. Лушення проводили з кроком 40 с, максимальна тривалість становила 160 с. Для оцінювання ефективності лушення зерна пшениці полби використано індекс лушення, що розраховували за формулою [6, с. 163]:

$$I_n = \frac{M_z M_y}{M_s} * 10_0 \quad (1)$$

де I_n – індекс лушення, %;

M_z, M_y – маса зерна до лушення та маса продукту після лушення, г.

Перед плющенням зерно пропарювали впродовж 3, 6 і 9 хв за сталого тиску насиченої пари $0,15 \pm 0,01$ МПа у лабораторному пропарнику періодичної дії (ППД-1), спроектованого та виготовленого на кафедрі технології зберігання і переробки зерна Уманського НУС.

Відволожували крупу в термоізолюваному бункері впродовж 3–9 хв. Плющення зерна проводили на плющильному верстаті марки ВПК–200. Після цього плющених крупу піддавали сушінню в сушильній установці за сталої температури 90°C до вологості 14 %. Математичну обробку даних проводили методом трифакторного дисперсійного аналізу.

Вихід крупы розраховували щодо початкової маси зразка, взятого для пропарювання. Кулінарну оцінку каші з плющеної крупы проводили за 9-бальною шкалою за методикою, описаною в патенті на корисну модель «Спосіб кулінарної оцінки круп'яних продуктів із зерна тритикале і пшениці» № у 2015 07630 [7, с. 20].

Виклад основного матеріалу дослідження. У результаті проведених нами досліджень встановлено, що вихід крупы плющеної залежав від трьох досліджуваних факторів, а саме – тривалості лушення, пропарювання та відволоження (табл. 1).

Збільшення тривалості лушення (від 0 до 160 с) незалежно від чинників В і С істотно змінювало (у діапазоні на 14,3–26,7%) вихід крупы плющеної з пшениці полби, оскільки оболонки виконують функцію каркаса, удержуючи часточки ядра.

Найбільший вихід крупи плющеної з цілого зерна отримано за тривалості пропарювання 9 хв і відволожування упродовж 3 хв – 88,9%. Зменшення оболонки за тривалості лущення 160 с (індекс лущення 11,6%) зумовило зменшення виходу крупи плющеної до 55,6% за тривалості пропарювання 3 хв і відволожування – 9 хв.

За тривалості лущення 40–160 с (індекс лущення 3,2–11,6%) зростала роль пропарювання зерна і відволожування.

Каша із плющеної крупи пшениці полби характеризувалась високою кулінарною оцінкою, що зумовлено високим вмістом водорозчинних білків, які покращують органолептичні показники готового продукту (табл. 2). Загальна кулінарна оцінка не змінювалась залежно від режимів водотеплового оброблення, проте покращувалась зі збільшенням тривалості лущення. Каша, зварена із крупи, без проведення лущення зерна мала вище середньої кулінарну оцінку – 6,6 балів, коротко-

часне лущення впродовж 40 с (індекс лущення 3,2%) неістотно підвищувало загальну кулінарну оцінку до 6,9 балів.

Загальна кулінарна оцінка змінювалась переважно через показники кольору і консистенцію каші під час розжовування. Вони мали обернену залежність від вмісту оболонки, тому найбільший індекс лущення (11,6%) забезпечував найкращий результат кулінарної оцінки 8,9 балів.

Нами оцінено ефективність виробництва крупи плющеної за виходом крупи із загальною кулінарною оцінкою. Найбільш оптимальним є пропарювання зерна з індексом лущення 9,9% впродовж 9 хв із тривалістю темперування 3 хв. Це забезпечить достатній вихід крупи плющеної на рівні 77,1 % із доброю загальною кулінарною оцінкою 8,5 балів.

Нині для споживачів важливим також є тривалість варіння каші, тому нами було визначено тривалість варіння крупи плющеної пшениці полби (рис. 1).

Таблиця 1

Вихід плющеної крупи із пшениці полби залежно від індексу лущення та параметрів водотеплового оброблення, %

Тривалість лущення, с (чинник А)	Індекс лущення, %	Тривалість пропарювання, хв (чинник В)								
		3			6			9		
		Тривалість відволожування, хв (чинник С)								
		3	6	9	3	6	9	3	6	9
0	0	86,7	86,0	82,3	88,5	88,6	88,3	88,9	88,7	88,1
40	3,2	80,8	77,9	75,4	85,3	85,9	84,3	87,3	87,2	87,1
80	6,9	75,5	75,0	74,7	77,3	77,0	75,2	77,6	77,4	75,3
120	9,9	70,6	71,1	65,6	76,3	76,0	75,3	77,1	76,4	74,3
160	11,6	69,8	64,2	55,6	74,2	72,1	70,4	75,6	70,7	68,8
<i>HIP₀₅</i>		A=1,4; B=1,2; C=1,1								

Таблиця 2

Загальна кулінарна оцінка плющеної крупи із пшениці полби залежно від індексу лущення та параметрів водотеплового оброблення, бал

Тривалість лущення, с (чинник А)	Індекс лущення, %	Тривалість пропарювання, хв (чинник В)								
		3			6			9		
		Тривалість відволожування, хв (чинник С)								
		3	6	9	3	6	9	3	6	9
0	0	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
40	3,2	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
80	6,9	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
120	9,9	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
160	11,6	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
<i>HIP₀₅</i>		A=0,3; B=0,2; C=0,2								

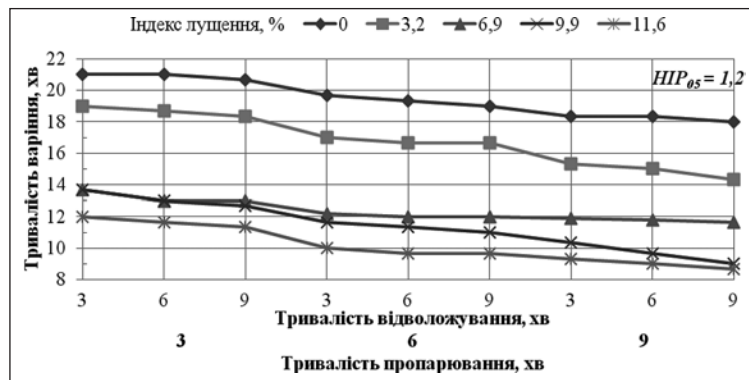


Рис. 1. Тривалість варіння плющеної крупи із пшениці полби залежно від тривалості індексу лущення, пропарювання та відволожування, хв

Тривалість варіння каші істотно залежала від тривалості лущення і пропарювання. Різниця залежно від тривалості відволожування знаходилася в межах НР₀₅.

Варіння каші відбувалось від 21 до 9 хв за різної тривалості лущення, проте не залежало від режиму відволожування, але істотно зменшувалось унаслідок збільшення тривалості пропарювання. Дослідженнями встановлено [8, с. 20], що оболонки гальмують процес передачі тепла, що знижує рівень денатурації білків і клейстеризації крохмальних зерен. Тому цей показник зменшувався зі зростанням індексу лущення.

Зерно та круп'яний продукт із тривалістю лущення 40 с, що відповідало індексу 3,2%, мали найдовшу тривалість варіння каші – 21–18 хв за

тривалості пропарювання 3 хв. Збільшення тривалості пропарювання до 9 хв за сталого індексу лущення зумовило скорочення терміну варіння на 3–4 хв. Зростання тривалості лущення зерна істотно змінювало строк варіння крупи плющеної з пшениці полби. Наприклад, за тривалості лущення 80–160 с цей показник зменшувався від 14 до 9 хв.

За встановленого оптимального індексу лущення зерна 9,9%, що відповідає тривалості лущення 120 с, і пропарювання упродовж 9 хв тривалість варіння каші з плющеної крупи пшениці полби становила 10 хв, що відповідає вимогам [6], де передбачено варіння крупи плющеної із зерна пшениці не більше 25 хв.

Висновки. Збільшення тривалості лущення знижує вихід крупи плющеної із зерна пшениці полби, проте збільшення тривалості пропарювання до 9 хв при цьому сприяє його підвищенню. Встановлено обернену залежність між індексом лущення і кулінарною оцінкою каші, тому під час виробництва крупи плющеної рекомендуємо використовувати крупу з пшениці полби № 1, проводити її пропарювання впродовж 9 хв і відволожувати 3 хв із тривалістю лущення 120 с, що відповідає індексу лущення 9,9 %. Одержана за такого рекомендованого режиму плющена крупа характеризується високою органолептичною оцінкою (8,5 балів) та низькою тривалістю варіння (10 хв).

Список літератури:

1. Возіян В. Вплив параметрів лущення та водотеплової обробки зерна на вихід і кулінарну оцінку плющеної крупи із пшениці спельти. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Т. 17. № 1. С. 28–32.
2. Линниченко В., Егорова С. Полба – продукт здорового питания. *Современные проблемы техники и технологии пищевых производств* : мат-лы XIX Междунар. науч.-практ. конф., Барнаул : АлтГТУ, 2018. Ч. 2. С. 126–130.
3. Бабенко Л., Рожков Р., Парій Я. та ін. *Triticum dicoccum* (schrank) schuebl.: походження, біологічна характеристика й перспективи використання в селекції та сільському господарстві. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія : Біологія*. Харків, 2017. Вип. 2 (41). С. 92–102.
4. Мерко А., Мельников Е., Сергеев Е., Ушакова А. Влияние подготовки зерна на качество хлопьев. *Хлебопродукты*. 2000. № 8. С. 17–18.
5. Любич В., Полянецька І. Якість цілої крупи із зерна спельти залежно від індексу його лущіння та водно-теплової обробки. *Вісник Уманського національного університету садівництва. Первинна обробка продуктів рослинництва*. Умань, 2015. № 2. С. 34–38.
6. Крошко Г. та ін. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. Київ : Віпол, 1998. 163 с.
7. Спосіб кулінарної оцінки круп'яних продуктів із зерна тритикале і пшениці: пат. 200601 Україна. № у 2015 07630; заявл. 30.07.2015; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1. 20 с.
8. Новіков В. Удосконалення технології виробництва круп'яних продуктів із зерна тритикале : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.02. Київ, 2016. 20 с.

Liubych V.V., Novikov V.V., Leshchenko I.A. INFLUENCE OF THE DURATION OF DEHUSKING AND WATER HEAT TREATMENT GRAIN OBTAINING AND CULINARY EVALUATION OF WHEAT ROLLED CEREAL EMMER

Emmer wheat grain can fully meet the current need to expand the range of finished products and in the area of dietic products. Despite the growing demand for new raw materials, its potential remains untapped and optimal processing technologies have not been developed. Emmer wheat grain has high grits characteristics, so the optimization of its processing technology is now a priority. It is advisable to make peeled grits because it has the highest demand among grits products.

The research, presented in the article, is aimed at studying the technology of emmer wheat processing into peeled grits. Studies have shown that the yield of peeled grits mostly depends on the time of peeling and steaming. The highest yield of peeled grits of emmer wheat was obtained from non-peeled grain, with 6–9 minutes steaming – from 88.9 to 88.1%, depending on the time of tempering.

An increase in the peeling index highly influences the yield of peeled grits from emmer wheat. Thus, for 6 minutes of steaming and moistening, the grits yield decreased from 88.6 to 72.1% with a peeling index of 11.6%. However, as the peeling index increases, the efficiency of grits steaming increases.

Emmer wheat porridge is characterized by high culinary assessment. For the grain peeling index of 0–3.2%, this indicator was 6.6–6.9 points. The high-peel content porridge is characterized by a very lumpy, heavy crunchy and too stiff consistency during chewing and by brown colour. Increasing the grain peeling index to 6.9% raises the culinary assessment to 7.8 points. The highest culinary assessment of 8.5–8.9 points has porridge with a grain peeling index of 9.9–11.6%.

Based on the analysis of the obtained results, it can be concluded that for emmer wheat grain during the peeled grits production, it is necessary to steam for 9 min with a short period of moistening (3 min) and peel for 120 s, which corresponds to the grain peeling index of 9.9% and has a high culinary assessment – 8.5 points.

Key words: *emmer, flattened groats, exfoliation, steaming, softening.*

Мазурок Д.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Войтик П.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Турчин І.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

ПОШУК ОПТИМАЛЬНОЇ ДОЗИ ТА УМОВ ВНЕСЕННЯ ПРЕПАРАТУ В-ГАЛАКТОЗИДАЗИ В КОРОВ'ЯЧЕ МОЛОКО ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА БЕЗЛАКТОЗНОГО ЙОГУРТУ

Молочні продукти є основним продуктом харчування українського народу і водночас є важливим компонентом харчової промисловості країни. Молоко є джерелом отримання білків, вітамінів, кальцію та мінералів і є незамінним продуктом на кожному столі.

Молочні продукти, призначені для профілактичного харчування, на ринку представлені в основному ферментованими молочними продуктами (кисломолочні напої, кисломолочний сир, тверді сичужні сири з додаванням біфідобактерій тощо).

Коров'яче молоко не є однаково корисним для всіх. За різними оцінками від 37 до 70% людей мають непереносимість лактози. Однак сьогодні це вже не привід відмовлятися від молока та улюблених молочних продуктів. Харчова промисловість навчилася отримувати безлактозні продукти, які не втрачають корисні якості внаслідок обробки. У них залишаються вітаміни, білки та інші поживні речовини.

Якщо після вживання молока у людини з'являються здуття, діарея, тяжкість у кишківнику – це певні ознаки непереносимості лактози. Рішенням цієї проблеми сьогодні є безлактозні молочні продукти. Вони не нові, але зазвичай невідомі багатьом українцям.

Спеціально для тих, хто не може нормально засвоювати лактозу, виробляють безлактозне молоко та безлактозні молочні продукти.

*Знайдено оптимальну дозу та умови внесення препарату β-галактозидази (фірми «Хр. Хансен», Данія, із дріжджів *K. fragilis*) під час виробництва безлактозного йогурту, зокрема 0,04–0,06% за тривалості процесу 3–4 години та рН молока 6,5 за температури 40°C.*

Ключові слова: молоко, лактоза, безлактозне молоко, безлактозні молочні продукти, β-галактозидаза.

Постановка проблеми. Молочні продукти є основним продуктом харчування українського народу і водночас важливим компонентом харчової промисловості країни. Молоко є джерелом отримання білків, вітамінів, кальцію та мінералів і незамінним продуктом на кожному столі. Вже багато років рівень споживання та виробництва молока та молочних продуктів тримається на дуже високому рівні, але за останні кілька років через кризові явища та зменшення обсягів виробництва продукції молочна промисловість стрімко падає. Виробництво продукції тісно пов'язане з якісною сировинною базою, технологією виробництва, станом ринкової інфраструктури та платоспроможністю споживачів. Дефіцит сировини та зростання цін на молоко і молочну продукцію, погіршення якості сировини та виробництва молочної

продукції говорять про негативні тенденції в розвитку молочного ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням проблем формування, функціонування та розвитку молочної промисловості України займалися такі науковці, як Н.С. Белінська, С.В. Васильчак, Т.Г. Дудар, В.О. Рибінцев, Е.Р. Смирнов, В.Б. Смолінський, Т.Л. Мостенська та інші [1, с. 3–5].

В Європі концепцію «функціонального» харчування почали розробляти тільки в середині 90-х років минулого століття. Спочатку за класифікацією вчених основними «функціональними» харчовими продуктами були ті, які містили біфідобактерії, олігосахариди, харчові волокна. До переліку продуктів функціонального харчування, окрім перелічених вище, також ввійшли про-

дукти, що містять вітаміни, мінерали, поліненасичені жирні кислоти, молочнокислі та інші бактерії, амінокислоти, фітопрепарати, антиоксиданти тощо [1; 6; 8–12].

Проте молоко не є однаково корисним для всіх. За різними оцінками, від 37 до 70% людей мають непереносимість лактози. Однак сьогодні це вже не привід відмовлятися від молока та улюблених молочних продуктів. Харчова промисловість навчилася отримувати безлактозні продукти, які не втрачають корисні якості внаслідок обробки. У них залишаються вітаміни, білки та інші поживні речовини.

Постановка завдання. Для засвоєння лактози організму потрібно розщепити молекулу лактози на глюкозу та галактозу за допомогою спеціального ферменту лактази, якої достатньо всього у 30% дорослого населення. У решти здебільшого він припиняє вироблятися в 3–4-річному віці. Унаслідок цього молочний цукор потрапляє до кишківника у нерозщепленому вигляді, що спричиняє бродіння і неправильну роботу з розщеплення та засвоєння продукту [1; 7–10].

Якщо після вживання молока у людини з'являються здуття, діарея, тяжкість у кишківнику – це певні ознаки непереносимості лактози. Рішенням цієї проблеми сьогодні є безлактозні молочні продукти. Вони не нові, але зазвичай невідомі багатьом українцям.

Спеціально для тих, хто не може нормально засвоювати лактозу, виробляють безлактозне молоко та безлактозні молочні продукти [6; 12].

Таке молоко за органолептичними показниками практично не відрізняється від звичайного та містить необхідні для людини речовини.

З огляду на необхідність чіткої постановки аналітичних та експериментальних досліджень було розроблено загальний план теоретичної та експериментальної частини роботи.

Експериментальні дослідження проводилися у наукових лабораторіях кафедри технології молока та молочних продуктів і виробничій лабораторії молочної компанії «Галичина». Методи дослідження – органолептичні, фізико-хімічні, математичні. Повторність усіх дослідів – 5-кратна. Результати досліджень обробляли методом математичної статистики і кореляційного аналізу за програмами Microsoft Word і Microsoft Excel.

Відбір проб, підготовка їх для дослідження, а також органолептичні показники визначали за загальноприйнятими методиками [1; 2].

Визначення масової частки лактози, глюкози, галактози визначали методом тонкошарової хроматографії (за Серовим А.В.) [2].

Виклад основного матеріалу дослідження.

Одним із методів отримання молочних продуктів із низьким вмістом лактози або повною її відсутністю є ферментативний гідроліз лактози у водному розчині.

Спираючись на роботи таких авторів, як Ліпатов М.М., Храмцов А.Г., Євдокимов І.А., Свириденко Ю.Я. та інші, слід використовувати спеціально підібрані препарати – галактозидази, які найбільш ефективно гідролізують лактозу. Доцільно використовувати препарати, отримані з дріжджів *Saccharomyces Fragilis*, *Streptococcus Lactis*, *Candida Preudotropicalis*, *P. Multicolor*, *P. Canesens*, *Mucorpusillus*, *Alternariatenuis* [3; 5; 10–12].

Для виробництва безлактозного йогурту нами було прийняте рішення обрати двохетапне розщеплення лактози:

1. гідроліз лактози в молочній суміші ферментним препаратом β -галактозидази (На-Lactase β -галактозидаза фірми «Хр. Хансен»);

2. остаточний гідроліз решти лактози в молочній суміші, яка залишилася після першого етапу, шляхом сквашування молочної суміші закваскою безпосереднього внесення Yo-Flex фірми Hr. Hansen (*Streptococcus thermophilus* та *Lactobacillus delbrueckii* підвид *bulgaricus*).

Як зазначено в роботі Дюга Г. (Биологическая химия. Химические подходы к механизму действия ферментов), для визначення оптимальних умов використання ферментів треба спиратись на їхні властивості. Основними властивостями ферментів як біологічних каталізаторів є їхня висока активність і специфічність дії, термолабільність, залежність від рН-середовища, присутності активаторів та інгібіторів [6–10].

Тому нами було проведено дослідження впливу дози ферменту на ступінь гідролізу лактози молока при рН 6,50 (табл. 3.1).

Аналіз експериментальних даних показує, що ступінь гідролізованої лактози в молоці зростає зі збільшенням концентрації ферменту. Наприклад, за дози β -галактозидази 0,02% спостерігається гідроліз лактози аж на 24 години та становить 98%. У разі збільшення концентрації ферменту до 0,04 % вже за 4 години гідролізувалося більш як половина лактози, а за 0,06 % концентрації така ж кількість лактози гідролізувалася за 3 години. За дози β -галактозидази 0,08% гідроліз лактози відбувається за 2 години на 40 %, за 3 години – на 80% та за 24 години – на 98%.

Таблиця 3.1

**Ступінь гідролізу лактози, %
залежно від дози ферменту**

Доза галактозидази, %	Тривалість гідролізу, год				
	1 год	2 год	3 год	4 год	24 год
0,02	0	0	0	0	98
0,04	8	18	24	52	98
0,06	10	25	54	72	98
0,08	20	40	80	86	98

Такі результати досліджень стали передумовою для вибору оптимальної дози ферменту – 0,04–0,06% за тривалості процесу 3–4 години. Збільшення дози ферменту є не доцільним, оскільки це пов’язано з його високою вартістю (рис. 3.1, 3.2).

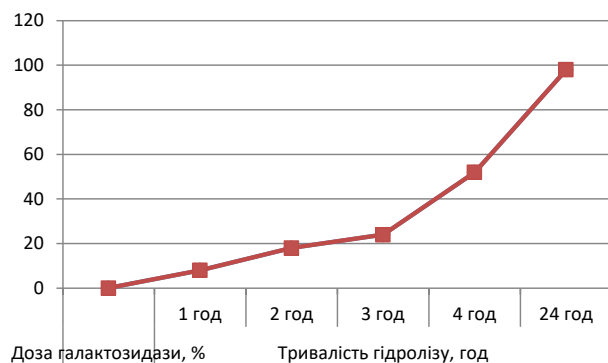


Рис. 3.1. Ступінь гідролізу лактози під час внесення галактозидази в кількості 0,04%

Для визначення оптимальної температури розпаду лактози було проведено низку досліджень (табл. 3.2–3.4).

Як бачимо з таблиці 3.2, під час внесення галактозидази в кількості 0,02% в перші дві години за температури молока 35°C гідролізу лактози не спостерігалось. Тільки на 3 годину було відзначено 14% гідролізу, на 4 годину – 23% та 24 годину – 78%.

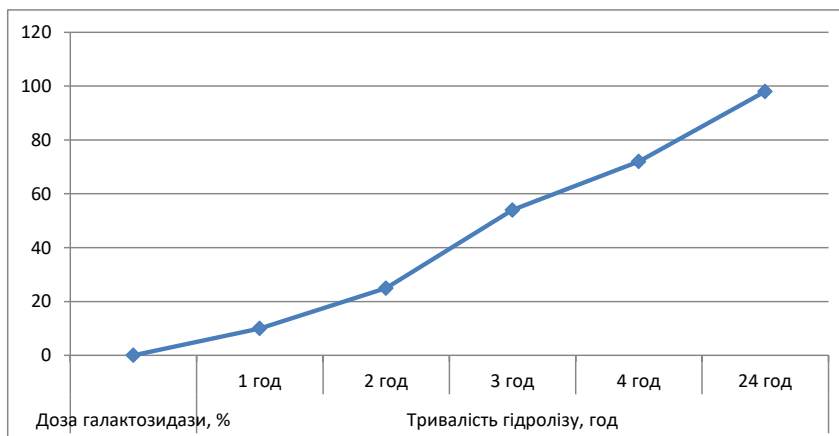


Рис. 3.2. Ступінь гідролізу лактози під час внесення галактозидази в кількості 0,06%

Під час внесення галактозидази в кількості 0,04% в першу годину за цієї ж температури молока гідроліз лактози становив 25%, а на другу – 60%. На 3 годину було відзначено 65% гідролізу, на 4 годину – 78% та 24 годину – 80%.

Збільшення дози галактозидази до 0,06% активувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 32, 64, 72, 80 та 84%.

Збільшення дози галактозидази до 0,08% активувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 40, 72, 77, 88 та 98%.

Таблиця 3.2

**Ступінь гідролізу лактози, %
за температури молока 35°C**

Доза галактозидази, %	Тривалість гідролізу, год				
	1 год	2 год	3 год	4 год	24 год
0,02	0	0	14	23	78
0,04	25	60	65	78	80
0,06	32	64	72	80	84
0,08	40	72	77	88	98

З таблиці 3.3 видно, що під час внесення галактозидази в кількості 0,02% в першу годину за температури молока 40°C гідроліз лактози становив 10%, а на другу – 20%, третю – 25% та четверту години – 44%. Тільки на 24 годину було відзначено 80% гідролізу лактози.

Під час внесення галактозидази в кількості 0,04% в першу годину за цієї ж температури молока гідроліз лактози становив 30%, а на другу – 65%. На третю – 70% та за 4 години було відзначено 80% гідролізу, на 24 годину – 88%.

Збільшення дози галактозидази до 0,06% активувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 36, 68, 76, 82 та 88%.

Збільшення дози галактозидази до 0,08% активувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 45, 65, 80, 90 та 98%.

Як бачимо з таблиці 3.4, під час внесення галактозидази в кількості 0,02% в першу годину за температури молока 45°C гідроліз лактози становив 10%, а на другу – 15%. Тільки на 3 годину було відзначено 20% гідролізу, на 4 годину – 40% та 24 годину – 82%.

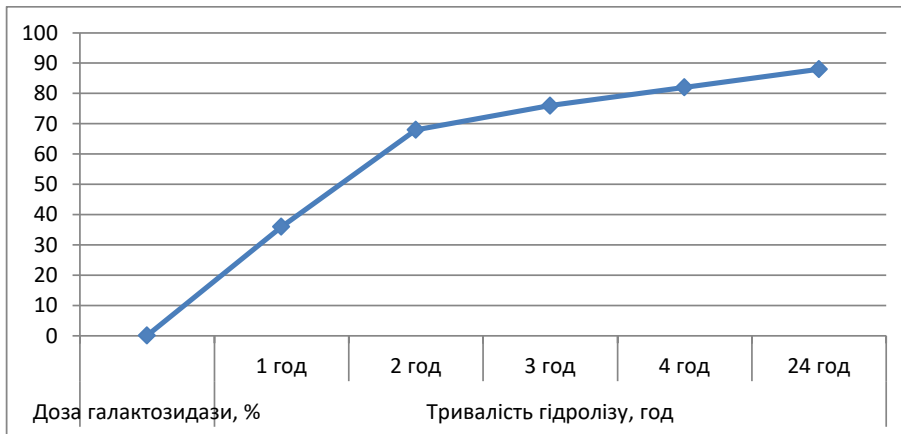


Рис. 3.3. Ступінь гідролізу лактози за температури 40°C під час внесення галактозидази в кількості 0,04

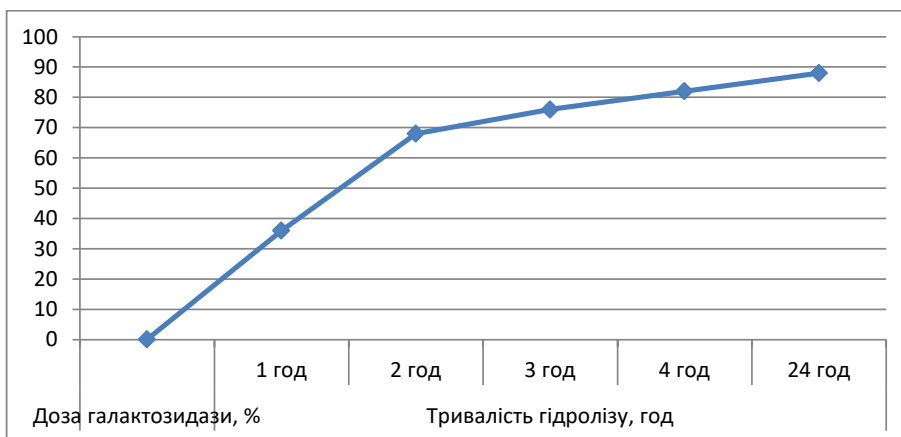


Рис. 3.4. Ступінь гідролізу лактози за температури 40°C під час внесення галактозидази в кількості 0,06%

Під час внесення галактозидази в кількості 0,04% в першу годину за цієї ж температури молока гідроліз лактози становив 30%, а на другу – 64%. На 3 години було відзначено 68% гідролізу, на 4 години – 76% та 24 години – 84%. Збільшення дози галактозидази до 0,06% активізувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 32, 64, 70, 78 та 88%. Збільшення дози галактозидази до 0,08% активізувало процес гідролізу лактози та склало на 1, 2, 3, 4 та 24 години – відповідно 44, 64, 75, 89 та 98%.

Виявлено, що за температури 35°C і концентрації ферменту 0,04–0,06 % за тривалості ферментації 3–4 години гідролізується 65–80% лактози.

За температури 40°C, кількості внесення ферменту 0,04–0,06% та тривалості ферментації 3–4 години гідролізується 70–82% лактози.

За такий же період часу за температури 45°C і концентрації ферменту 0,04–0,06% гідролізується 68–78% лактози.

Таблиця 3.3

Ступінь гідролізу лактози, %, за температури молока 40°C

Доза галактозидази, %	Тривалість гідролізу, год				
	1 год	2 год	3 год	4 год	24 год
0,02	10	20	25	44	80
0,04	30	65	70	80	86
0,06	36	68	76	82	88
0,08	45	65	80	90	98

Таблиця 3.4

Ступінь гідролізу лактози, %, за температури молока 45°C

Доза галактозидази, %	Тривалість гідролізу, год				
	1 год	2 год	3 год	4 год	24 год
0,02	10	15	20	40	82
0,04	30	64	68	76	84
0,06	32	64	70	78	88
0,08	44	64	75	89	98

Отже, оптимальною температурою ферментації молока за рН 6,5 – 40°C.

Висновки. Такі результати досліджень стали передумовою для вибору оптимальної дози ферменту

0,04–0,06 % за тривалості процесу 3–4 години. Збільшення дози ферменту є недоцільним, оскільки це пов'язано з його високою вартістю. А оптимальною температурою ферментації молока за рН 6,5 є 40°C.

Список літератури:

1. Сирохман І.В., Завгородня В.М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 544 с.
2. Серов А.В. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования химико-технологических проблем получения, определения и использования лактозы и ее производной лактулозы : дисс. ... д-ра техн. наук. Ставрополь, 2004. 309 с.
3. Твердохлеб Г.В., Сажин Г.Ю., Раманаскас Р.И. Технология молока и молочных продуктов. Москва : Дели Принт, 2006. 616 с.
4. Крупин А.В., Козлова О.В. и др. Изучения разных параметров гидролиза лактозы ферментными препаратами. *Достижения науки и техники АПК*. 2009. № 5. С. 68–69.
5. World population ageing 1950–2050. New York : United Nations, 2000. 484 p.
6. О применении лактулозы в молочной промышленности. *Молочное дело*. 2004. № 2. С. 36.
7. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2 / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. Москва : Агропромиздат, 1987. 360 с.
8. Дідух Н.А. Наукові основи розробки технологій молочних продуктів функціонального призначення : дис. ... докт. техн. наук : 05.18.16. Одеса : ОНАХТ, 2008. 426 с.
9. Чагаровский А.П., Погосян А.С. Ферментативный гидролиз лактозы препаратами β-галактозидазы – новое направление повышения эффективности производства мороженого и замороженных десертов. *Світ морозива та холоду*. 2006. № 5 (17) С. 36–39.
10. Шарахматова Т.Є., Лозова О.О. Розробка технології морозива для людей з лактазною недостатністю. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій* / Міністерство освіти і науки України. Одеса : 2009. Вип. 36. Т. 2. С. 311.
11. Хиллиам М. Тенденции на европейском молочном рынке. *Переработка молока*. 2006. № 2. С. 42–44.
12. Шарахматова Т.Є. Розробка технології безлактозного морозива, збагаченого пробіотичними культурами. *Харчова наука і технологія*. 2010. № 2 (11). С. 83–87.

Masurok D.M., Wojtyk P.M., Turchyn I.M. SEARCH OF THE OPTIMUM DOSE AND CONDITIONS OF THE IMPLEMENTATION OF B-GALACTOSIDASE IN THE COW OF MILK IN THE PRODUCTION OF NON-LACTOSE YOGURT

Dairy products are a staple food of the Ukrainian people and, at the same time, an important component of the country's food industry. Milk is a source of protein, vitamins, calcium and minerals and is an indispensable product on every table.

Cow's milk is not equally beneficial for everyone. According to various estimates, from 37 to 70% of people have lactose intolerance. However, today it is no longer a reason to give up milk and your favorite dairy products. The food industry has learned to get lactose-free products that do not lose their useful qualities as a result of processing. They contain vitamins, proteins and other nutrients.

Dairy products intended for prophylactic nutrition are mainly fermented dairy products (fermented beverages, fermented milk, hard rennet cheeses with the addition of bifidobacteria, etc.).

For the absorption of lactose, the body needs to split the lactose molecule into glucose and galactose, with the help of a special enzyme lactase, which is sufficient in only 30% of the adult population. For the most part, it ceases to be produced at 3–4 years of age. As a result, the milk sugar enters the intestines undiluted, causing fermentation and malfunctioning to digest and digest the product.

If bloating, diarrhea, intestinal heaviness occur after human milk intake, these are sure signs of lactose intolerance. The solution to this problem today is lactose free dairy products. They are not new, but are usually unknown to many Ukrainians.

Especially for those who cannot normally digest lactose, they produce lactose-free milk and lactose-free dairy products.

The optimal dose and conditions of application of β-galactosidase preparation (by the firm "H. Hansen", Denmark, from K. fragilis yeast) were found in the production of lactose-free yogurt, in particular 0.04–0.06% with the duration of the process 3–4 hours and the pH of milk 6.5, 40°C.

Key words: milk, lactose, lactose-free milk, lactose-free dairy products, β-galactosidase.

UDC 663.674

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/21>**Maletskyi M.V.**

Oles Honchar Dnipro National University

Nalyvaiko A.V.

Oles Honchar Dnipro National University

Kondratjuk N.V.

Oles Honchar Dnipro National University

Suprunenko K.Ye.

Oles Honchar Dnipro National University

Melnikov K.O.

Oles Honchar Dnipro National University

DEVELOPMENT OF RECIPE FOR LOW-CALOR ICE CREAM

The main problem of modern society is the growth of diseases associated with carbohydrate metabolism, which cause overweight, obesity and diabetes of the second type. In this regard, there was a need to create food products with a wide range of useful functions and quite popular among the general public. The technology and recipe for ice cream for dietary purposes using natural sweetener erythritol and sweet extract of stevia leaves have been developed. The advantages of this mixture of natural sweeteners include: thermal stability; chemical resistance over a wide pH range (2 to 12); biochemical resistance to the action of many species of microorganisms and fungi; long shelf life; good water and fat solubility; introduction into the food mixture at any stage of the technological process; safety with long-term consumption. This mixture is poorly absorbed by the intestinal wall and prevents of caries in the mouth. As a thickener, stabilizer, emulsifier in the ice cream is introduced xanthan and guar gum – a natural useful biopolymers. In the recipe, the fat was completely replaced with the dietary supplement E471 (a mixture of mono- and diglycerides). Also, a positive technological effect was observed after the introduction into the formulation of a mixture of non-starch polysaccharides (xanthan and guar gum in the ratio of 30:70 respectively). In order to increase the dry components of the ice cream produced, the amount of dry skimmed milk whey powder was increased, which made it possible to increase the amount of easily digestible protein in the finished product. The optimal ratio of starch-free polysaccharides, whey concentrations, erythritol sweetener, stevioside sweetener and E471 nutritional supplement was experimentally selected. The organoleptic characteristics of the manufactured product are determined, its nutritional and energy value is calculated.

Key words: ice cream, erythritol, stevioside, diabetes, obesity, functional product, sweeteners.

Formulation of the problem.

According to World Health Organization reports for 2018, 1.6 million deaths were directly attributable to diabetes in 2016 [1]. Diabetes mortality in 2016 ranked seventh among other causes of death.

Also, in the modern world, the problem of obesity among all age groups of the planet's population remains relevant. According to WHO estimates, in 2016 more than 1.9 billion adults over 18 were overweight. Over 650 million of these were obese. These, unfortunately, are only recorded cases. It is known that obesity and diabetes are related diseases.

The main cause of obesity and overweight is energy imbalance. At the same time, the calorie content of the diet exceeds the energy needs of the

body and the consumption of high-calorie foods that contain a large amount of fat is growing [2]. The most common consequences of obesity are diseases of the cardiovascular system and diabetes.

Ice cream is a food product, which is a mass frozen in the process of continuous mixing, containing nutritious, aromatic substances and emulsifiers. Ice cream is popular among people of all ages. The number of consumers of this product reaches 90% in the summer. Given that ice cream contains a large amount of sugar and fat, this product cannot be considered balanced in nutrient composition.

Prevention and treatment of type 2 diabetes, obesity and overweight is a proper and balanced diet, which includes functional products based on sweeteners and having a high content of non-starch polysaccharides.

Nowadays, there are known methods of making ice cream with reduced calorie content [3] by replacing sugar with an extract of stevia and ice cream, which is enriched with dietary fiber from Senegalese acacia [4]. However, there are practically no developments in the direction of creating a combined product that contain both a sweetener and polysaccharide fibers. In the analysis of existing information, it also became known that, to reduce calorie content, replacing fat with other components in ice cream is also practically not possible due to deterioration in texture and organoleptic characteristics. Therefore, the aim of the study was to create a product that would not be inferior in terms of organoleptic characteristics to the analogue that Sundae Ice Cream (by SSU 4733:2007) was chosen. It also would have low calorie content and high biological value.

Analysis of recent research and publications.

Various programs and methods are offered to prevent the development of obesity and diabetes [5; 6]. It also creates products with functional properties.

The authors [7] describe ways to reduce the incidence of diabetes and obesity by reducing the amount of sugar and fat consumed. It is intended to the rejection of most desserts as a source of a large amount of sucrose and fat. This greatly reduces the range of desserts allowed for consumption, including ice cream. However, there is other confirmed information [8] that the deficiency of sweet foods in people's diets increases the risk of the negative effects of various stresses, since the body produces little serotonin and endorphin – hormones of calmness and joy.

Today, there are a number of technologies in which sweeteners, such as a sweet extract from stevia leaves and erythritol, are used to give products a sweet taste.

Erythritol (E968) – a polyhydric alcohol, belongs to the class of polyols. It is non-nutritive (0.3 kcal/g⁻¹). It has a sweetness of 0.7 with respect to sucrose. It contained in melon, pear, grapes, mushrooms and algae. It is well absorbed in the intestine and excreted in the urine with virtually no changes. Widely used in the technology of chocolate, bakery products, dairy products. Erythritol is a product of microbial transformation of low molecular weight carbohydrates. Numerous studies have proven the safety of erythritol [9].

“Sweet Stevia Leaf Extract” is a natural sweetener made from stevia. At its core is terpenoid-glycoside stevioside (E960). Has sweetness 200-300 times higher than the sweetness of sugar [10].

Formulation of the problem. Sweet cold dessert (ice cream) is a popular food product among all age groups of people. Especially its popularity increases in the hot season. The disadvantage of existing types of

ice-cream is an imbalance in nutrient composition – a high content of sugar and fat. According to SSU 4733, the fat content in ice cream can reach 20.0%, the total sugar content is not more than 14.0%. Also, according to SSU, the manufacture of diabetic ice cream is allowed, where sugar is replaced with sweeteners – sorbitol, xylitol, acesulfame. The content of dietary fiber in ice cream is regulated by the technological standards of manufacturers of food additives [11].

In connection with the above information, it became necessary to develop an ice cream technology that has high organoleptic characteristics, contains dietary fiber and does not contain sucrose. In addition, it is very important to find solutions in the direction of reducing the fat content or replacing it with more useful components that do not change the texture and general perception of the product by the consumer. A product with the given characteristic would satisfy the needs of people with impaired carbohydrate metabolism, diabetes, obesity, overweight, adhering to a diet, etc. At the same time, they could enjoy the taste of classic ice cream.

Statement of the main research material. The sundae ice cream [11] was taken as an analogue. The physicochemical parameters of which are shown in Table 1.

Table 1.

Physicochemical indicators of sundae ice cream

Name of indicator	Mass fraction, %
Total fat	13,0...20,0
Total sugar	14,0
Solid matters	42,0

The milk defatted whey was taken for the basis for a product that was developed. Whey was preliminarily flooded with water at t°C = 20...25°C for protein swelling. Xanthan and guar gums were used to give a creamy consistency. In the table. 2 shows the results of tasting tests of prototypes that are similar in consistency to the product-analogue of sundae ice-cream.

Table 2

The results of tasting tests prototypes

Sample number	Mass fraction of xanthan gum, %	Mass fraction of guar gum, %	Consistency score, points
Sample № 1	100	-	2
Sample № 2	-	100	3
Sample № 3	50	50	4
Sample № 4	30	70	5

Milk fat, it was decided to replace the food supplement E471. It is a mixture of mono- and diglycerides. This prescription component plays the role of an emulsifier in the mixture and has useful functions for the body, since it is similar in structure to partially digested fat. The sweeteners erythritol and “Sweet extract from stevia leaves” were introduced as a mixture in the ratio of 96.5: 3.5, respectively.

The results of the organoleptic evaluation of the samples are given below.

1. Sample № 1.1 with a rate of application of 0,5 g of dry xanthan gum per 100 g of the finished product had a pronounced mucous consistency and a watery taste.

2. Sample № 1.2 with a rate of application 0,5 g of dry guar gum per 100 g of the finished product had a liquid consistency.

3. Sample № 1.3 with a rate of application the mix of 0,5 g guar gum and 0,5 g of dry xanthan gum per 100 g of the finished product had lumpy consistency.

4. Sample № 1.4 with a rate of application the mix of 0,3 g of dry xanthan gum and 0,7 g of dry guar gum per 100 g of the finished product (further mixture 3:7) had a pleasant, delicate creamy consistency.

These results allowed us to simulate the recipe for low-calorie ice cream (table 3).

Table 3

Optimized low-calorie ice cream recipe

Ingredient	Sample № 2.1	Sample № 2.2
Dry milk whey	29.41	29.41
Erythritol	10.9	10.9
Egg powder	0.9	0.9
Stevia Leaf Sweet Extract	0.39	0.39
Mixture 3:7	1	1
E471	–	0,25
Fragrance “Vanilla”	0.05...0.07	0.05...0.07
Fragrance “Cream Plus”	0.1	0.1
Water	71.86	71.86

The results of organoleptic evaluation of samples and analogue are presented in the figure 1.

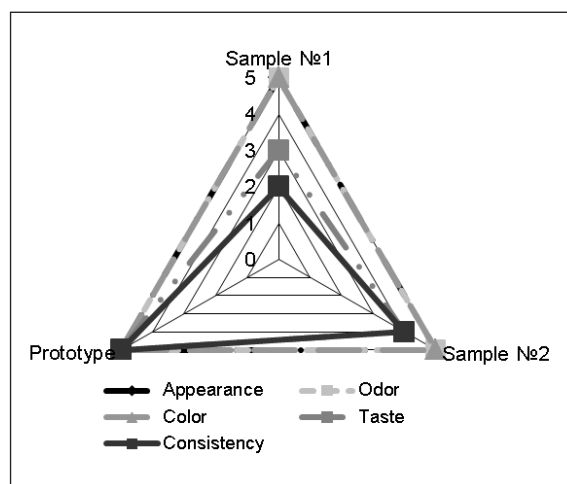


Fig. 1. Organoleptic sample profiles

A nutritional value was calculated for these samples. The results are shown in table 4.

From the data given in table. Figure 4 shows that the studied samples contain more protein, the fat content is almost 15 times lower due to the introduction of food additive E471 and a mixture of dietary fiber.

Due to the addition of sweeteners, only milk sugar (lactose) remained in the test samples, which, according to DSTU 4733, is not taken into account in the column as “Total sugar” and is not standardized. As a result, you can see that the calorie content of the developed product has decreased by half.

Conclusions. In this work was presented the technology of a cold dessert (ice cream) with functional properties. Sugar substitutes “Sweet extract from stevia leaves” and erythritol, as well as a mixture of guar and xanthan gums were taken as functional components. A dried whey, fatty acid monoglycerides (food supplement E471), and natural flavors were used for the production of ice cream. As a result, was received a dietary product with a reduced fat content of almost 15 times, an increased protein content and a complete lack of sucrose. The caloric content of this product was almost halved. At the same time, the developed samples have a high organoleptic rating, which is not inferior to the product-analogue "Sundae Ice-Cream". The product with the given characteristic can be recommended for people with impaired carbohydrate metabolism, diabetes, obesity, overweight, adhering to a diet, etc.

Table 4

Nutritional value of analogue product and test samples

Name	Proteins, g	Fat, g	Carbohydrates *, g	Total sugar, %	Food fiber, g	Calories, kcal
Analogue product	3.7	15	36.3	14	0	232
Sample № 2.1	4.1	0.3	21.3	0	1	103.4
Sample № 2.2	4.1	0.3	21.3	0	1	103.4

* – including whey lactose.

References:

1. Диабет. *Всемирная организация здравоохранения*: веб-сайт. URL : <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/diabetes> (дата обращения: 9.11.2019).
2. Ожирение и избыточный вес. *Всемирная организация здравоохранения*: веб-сайт. URL : <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (дата обращения: 9.11.2019).
3. Спосіб виробництва дієтичного морозива: пат. 10534 Україна: МПК А23С 9/00.№ а1996 10534 заявл. 14.09.1996; опубл. 25.12.1996
4. Морозиво ацидофільне з підвищеною біологічною цінністю: пат. 27779 Україна МПК А23G 9/00. № а2007 27779 заявл. 07.07.2007; опубл. 12.11.2007.
5. Глобальный план действий по профилактике по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними на 2013-2020 гг.: Всемирная организация здравоохранения.
6. Ларина В. Н. Рекомендации по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний в клинической практике. *EuroPrevent Meeting 2016*: материалы EuroPrevent Meeting 2016, 5-7 мая 2016. Стамбул, Турция: European Heart Journal (2016) 37.2315-2381, 2016.
7. Marcio Caroch, Patricia Morales, Isabel C.F.R. Ferreira Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and Chemical Toxicology*. 2017. №107. С. 302-317.
8. Polyvanov Y.A., Maletskiy M.V., Murzenko Y.S. Justofocation and development of chocolate technology with stevioside to reduce the risk of disesse diabetes type 2 // The Third International scientific congress of scientists of Europell. Proceedings of the III International Scientific Forum of Scientists “East–West” (January 11, 2019). Premier Publishing s.r.o. Vienna. 2019. P. 681–684.
9. Polyvanov Ye.A., Murzenko Ye.S. Heritriyol, steviozide and uronatic polysaccharides the technology of production of sweet sources for diabetes prophylax (DM 2) and obesity // Published and printed in Germany by ORT Publishing (Germany) in association with the Center For Scientific Research - Solutionl (Ukraine), December 28, 2018. – P.334-339.
10. URL : <https://stevia.in.ua/>.
11. ДСТУ 4733:2007. Мороженое молочное, сливочное, пломбир. Общие технические условия. [Действительный от 01.01.2008]. Киев, 2007. 36 с. (Информация и документация).

Малецький М.В., Наливайко А.В., Кондратюк Н.В., Супруненко К.Є., Мельников К.О.
РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУРИ НИЗЬКОКАЛОРИЙНОГО МОРОЗИВА

Основна проблема сучасного суспільства – зростання захворювань, пов'язаних із порушенням обміну вуглеводів, що спричиняють зайву вагу, ожиріння та діабет другого типу. У зв'язку із цим виникла необхідність у створенні харчових продуктів із широким спектром корисних функцій і досить популярних серед широкого населення. Розроблена технологія та рецептура дієтичного морозива з використанням натурального підсолоджувача еритритолу та солодкого екстракту з листя стевії. У рецептурі жир повністю замінили харчовою добавкою Е471 (суміш моно- та дигліцеридів). Також позитивний технологічний ефект був відмічений після введення в рецептуру суміші некрохмальних полісахаридів (ксантану та гуарової камеді у співвідношенні 30:70 відповідно). Із метою збільшення сухих компонентів було збільшено кількість сухої знежиреної молочної сироватки. Це дозволило збільшити кількість легкозасвоюваного білка в готовому продукті. Експериментально було обрано оптимальне співвідношення безкрохмальних полісахаридів, концентрації молочної сироватки, підсолоджувача еритритолу, підсолоджувача стевіозиду та харчової добавки Е471. Також було визначено органолептичні характеристики розробленого продукту, обчислена його харчова та енергетична цінність.

Ключові слова: морозиво, еритритол, стевіозид, діабет, ожиріння, функціональний продукт, підсолоджувачі.

Мельник О.В.

Уманський національний університет садівництва

Худік Л.М.

Уманський національний університет садівництва

ДЕГУСТАЦІЙНА ОЦІНКА ЯБЛУК З ОБРОБКОЮ 1-МЕТИЛЦИКЛОПРОПЕНОМ

Смакові та структурні характеристики свіжих плодів визначають попит і формують стійку привабливість продукції для споживача. Споживча якість яблук визначається ароматом, соковитістю плоду, вдалим кисло-солодким смаком і достатньою твердістю м'якоті, що вказує на свіжість і корисність продукції, проте активно втрачається під час тривалого холодильного зберігання. Покращити смакові властивості свіжої продукції можливо за післязбиральної обробки плодів 1-метилциклопропеном (1-МЦП), механізм дії якого спрямований на блокування біологічної дії гормону старіння плодів етилену та суттєвого уповільнення їхнього фізіологічного дозрівання і покращення якості на кінець зберігання.

У статті досліджено вплив післязбиральної обробки 1-МЦП яблук сорту Кальвіль сніговий і Спартан ранньозимового строку досягання на основні показники споживчої якості плодів після шестимісячного зберігання в умовах холодильника зі звичайною атмосферою. Зафіксовано кращі оцінки смакових якостей оброблених 1-МЦП плодів, порівняно з контролем. Показано переважаючий вплив післязбиральної обробки 1-МЦП на формування у респондентів високої відзнаки твердості, хрусткості та соковитості яблук, а також відзначення їхньої високої якості за показником загальної дегустаційної оцінки. Доведено, що обробка 1-МЦП не впливає на формування солодкого смаку яблук сорту Кальвіль сніговий та аромату плодів, проте респондентами зазначено вищі, порівняно з контролем, оцінки останнього для сорту Спартан. Отримані закономірності підтверджують наявні дані літературних джерел із цього питання.

Ключові слова: споживча якість, 1-МЦП, післязбиральна обробка, яблука, продукція, соковитість, аромат, солодкість, твердість, дегустаційна оцінка.

Постановка проблеми. У процесі дозрівання яблук під час тривалого зберігання знижується їхня загальна біологічна цінність і смакові властивості внаслідок необоротних змін у кількісно-якісному складі й співвідношенні основних показників харчової цінності плодів, а також розм'якшення тканин та розпаду структури м'якоті, що призводить до суттєвої втрати товарних якостей продукції та формує незадовільний смаковий ефект для споживача.

Збереження якості продукції й уповільнення дозрівання досягається післязбиральною обробкою яблук інгібітором етилену 1-метилциклопропеном (1-МЦП), що забезпечує ефективне збереження смакових якостей плодів після зберігання, зумовлюючи зниження втрат соковитості, твердості, свіжості плодів і формує їхній приємний кисло-солодкий смак.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Споживча якість яблук визначається структурою, смаком та ароматом плоду [1]. Струк-

тура базується на механічних характеристиках м'якоті (хрусткість, твердість, борошністість) та соковитості. Смак визначається солодкістю, кислістю та терпкістю. Аромат асоціюється із запахом і визначається наявністю летких ароматичних сполук [2].

Споживачі віддають перевагу різним поєднанням структурних, смакових та ароматичних характеристик. Дослідники з Великобританії [3] встановили, що більшість споживачів віддає перевагу хрустким і соковитим плодам із помірною кислотністю і цукристістю (сорти Емпайр, Бреберн, Джонаголд, Квін Конс, Фіеста), менше – доволі твердим сортам із високою кислотністю плоду (Грані Сміт), сорти із зниженою кислотністю й підвищеним вмістом цукрів (Голден Делішес, Ред Делішес, Гала) – менш популярні. Суттєво впливають на органолептичні якості свіжих плодів ступінь стиглості, способи післязбиральної обробки, режими зберігання та сортові особливості плодів [4].

Напрацювання вчених різних країн свідчать про високу ефективність сполуки 1-метилциклопропену у збереженості структурно-механічних і смакових властивостей яблук під час тривалого зберігання [5–7], що пояснюється його здатністю блокувати у плодах рецептори чутливості до етилену – головного ініціатора їхнього фізіологічного досягання [8; 9]. У результаті уповільнюються процеси обміну [10–12], що сприяє збереженості щільності м'якоти, біологічно-активних речовин і, як наслідок, – смакових і структурних характеристик, а також подовженню строку реалізації продукції до весни-літа наступного року з максимально можливими показниками споживчої якості навіть за зберігання в умовах атмосфери повітря і підвищених температурних режимів холодильних камер [13; 14].

Дослідники з Латвії встановили [15], що після шести місяців зберігання у регульованій атмосфері плоди осіннього сорту Ауксис володіли вираженою соковитістю та гарним забарвленням, тоді як оброблені 1-МЦП яблука зі звичайної атмосфери визнано солодшими та ароматнішими. Ще раніше іншими латвійськими вченими [16] не доведено суттєво позитивного впливу обробки 1-МЦП на загальну смакову якість традиційних сортів яблук упродовж дев'яти місяців зберігання, хоча після шести місяців у холодильнику плоди з 1-МЦП більш соковиті і твердіші, порівняно з контролем. Дослідженнями ізраїльських учених показано, що 1-МЦП не впливає на смак яблук [17], а вчені з Хорватії зазначили високу ефективність післязбиральної обробки 1-МЦП на смакові якості плодів сорту Грані Сміт після холодильного зберігання в умовах атмосфери [18].

Обробка 1-МЦП дещо стримує розкриття аромату плодів під час зберігання [19; 20], що є результатом впливу речовини на біосинтез летких ароматичних сполук [21].

Отже, післязбиральна обробка 1-МЦП стримує утворення аромату яблук, проте ефективно покращує органолептичну та споживчу якість плодів, забезпечуючи на кінець зберігання задовільну соковитість, твердість, свіжість і вдалиий солодко-кислий смак продукції. З огляду на наявні результати доцільним є дослідження впливу інгібітора дії етилену на дегустаційні показники вирощених в Україні яблук ранньозимового строку досягання.

Постановка завдання. Мета статті – на основі вивчених наявних експериментальних даних дослідити вплив післязбиральної обробки 1-метилциклопропену (препарат «SmartFresh»)

на смакові властивості яблук ранньозимових сортів Кальвіль сніговий і Спартан після шестимісячного зберігання у фруктосховищі-холодильнику.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Плоди з попереднім охолодженням до $+5\pm 2^{\circ}\text{C}$ і без нього після збирання обробляли 1-метилциклопропену (препарат «SmartFresh», $0,068\text{ г/м}^3$) (без обробки – контроль) та зберігали у фруктосховищі-холодильнику ФХ-770 Уманського національного університету садівництва за температури $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ та відносної вологості повітря 85–90%. Температуру в камері контролювали спиртовими термометрами, відносну вологість повітря – гігрометром.

У день збору половину продукції охолоджували за температури $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ і відносної вологості повітря 85–90% та обробляли 1-метилциклопропену за рекомендацією виробника препарату SmartFresh (без обробки – контроль). Ящики з плодами ставили в газонепроникний контейнер з плівки завтовшки 200 мк, куди вміщували склянку з дистильованою водою і розрахованою на одиницю об'єму дозою порошкоподібного препарату «SmartFresh» ($0,068\text{ г/м}^3$). Циркуляцію повітря в контейнері здійснювали вентилятором. Іншу частину продукції обробляли одразу після збирання.

Відбір проб і підготовку плодів до зберігання здійснювали за ГСТУ 01.1-37-160:2004. Органолептичну оцінку якості плодів визначали за десятибальною шкалою за основними показниками споживчої якості плодів – ароматом, твердістю, соковитістю, хрусткістю, солодкістю, кислим смаком і загальною оцінкою – постійно діючою дегустаційною комісією в кількості 10 осіб. Перед аналізуванням закодованих зразків плоди витримували впродовж 12–18 год за температури $18\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Статистичну обробку даних проводили методами дисперсійного та кореляційного аналізу із використанням комп'ютерних програм «MS Office Excel 2010» і «Statistica-10-En» й аналізували за рекомендаціями В.Ф. Мойсейченка [22].

Встановлено, що післязбиральна обробка плодів 1-МЦП забезпечила значно вищі значення показників органолептичної оцінки яблук ранньозимового строку досягання, порівняно з необробленою продукцією (рис. 1).

Для оброблених «СмартФреш» яблук сорту Кальвіль сніговий із попереднім охолодженням оцінка аромату не різнилася з такими без обробки, для яблук без попереднього охолодження – нижча на 0,6 бала. Для сорту Спартан різниця становила відповідно 0,9 та 0,8 бала на користь оброблених

яблук. Твердість охолоджених без обробки яблук обох помологічних сортів відзначена на 0,5 бала нижчою, порівняно з неохолодженими, а оброблених 1-МЦП – відповідно на 0,4 та 0,6 пункти вища з максимальним показником 6,3 балів для охолоджених сорту Кальвіль сніговий, що в середньому на 1,0–1,2 бали більше, порівняно із сортом Спартан. Післязбиральна обробка 1-МЦП забезпечила вищу на 1,4–2,3 бала оцінку показника яблук сорту Кальвіль сніговий і на 1,3–2,4 бала – сорту Спартан, порівняно з необробленими плодами.

Аналогічно до твердості відзначено й хрусткість м'якоти плоду, коли різниця оцінки показника для варіантів контролю без попереднього охолодження на 0,2–0,3 бала вища, порівняно з охолодженими сорту Кальвіль сніговий і Спартан. Для оброблених 1-МЦП суттєво вища на 0,5–0,6 бала оцінка показника в попередньо охолоджених сортах Кальвіль сніговий і Спартан, порівняно з плодами без охолодження. Максимальною оцінкою 6,1 балів на кінець зберігання відзначено хрусткість оброблених 1-МЦП яблук сорту Кальвіль сніговий із попереднім охолодженням, що на 0,8–1,4 пункти вище, ніж оцінка сорту Спартан. Загалом, за обробки 1-МЦП хрусткість плодів сорту Кальвіль сніговий оцінено вище на 1,6–2,3,

а сорту Спартан – на 1,5–2,4 бала, порівняно з необробленими.

Оцінка соковитості охолоджених яблук контролю також нижча, порівняно з неохолодженими – на 0,2 бала для сорту Кальвіль сніговий і на 0,5 бала – сорту Спартан. Для попередньо охолоджених з обробкою 1-МЦП вона на 0,6 бала вища, порівняно з неохолодженими, тоді як для плодів сорту Спартан – несуттєво нижча. Вище на 0,2–0,9 бала відзначено дегустаторами соковитість яблук сорту Кальвіль сніговий (5,3–5,9 балів), порівняно з іншим помологічним сортом, а перевага рівня показника за обробки 1-МЦП склала 1,3–2,1 та 1,5–1,9 балів відповідно для плодів сорту Кальвіль сніговий і Спартан.

На кінець зберігання солодкість яблук усіх варіантів визнано помірно середньою з максимальним рівнем 5,5 балів для оброблених плодів сорту Спартан без попереднього охолодження, що на 0,5–0,9 бала вище, порівняно з оцінкою оброблених плодів сорту Кальвіль сніговий. Оцінка солодкості охолоджених плодів контролю сорту Спартан на 0,5 бала нижча, ніж без охолодження, тоді як відзнака показника для таких же з обробкою 1-МЦП сорту Кальвіль сніговий на 0,4 пункти вища. В середньому післязбиральна

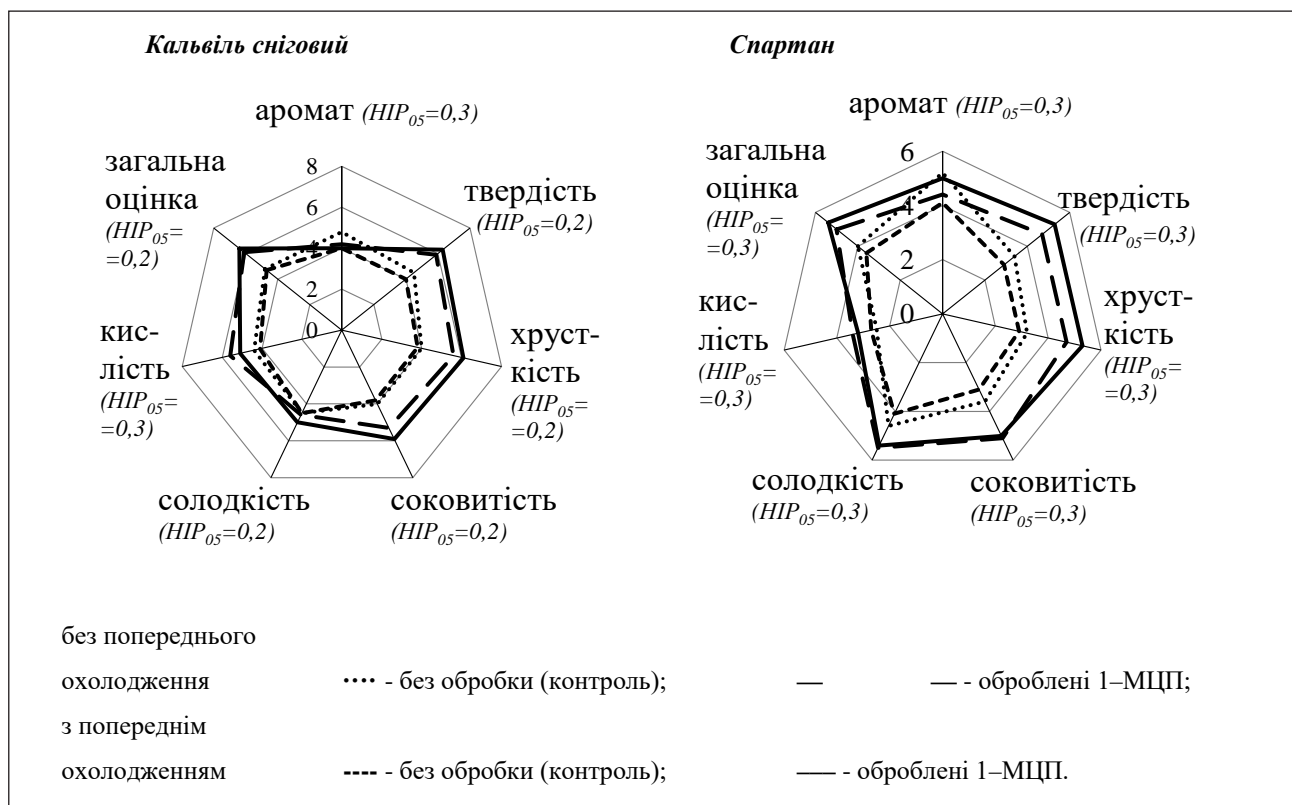


Рис. 1. Органолептична оцінка яблук з післязбиральною обробкою 1-МЦП після шестимісячного зберігання (середнє із врожаю 2012–2013 рр.)

обробка 1-МЦП зумовила вищу на 0,9–1,5 бала оцінку солодкості яблук сорту Спартан і на 0,5 бала – охолоджених сорту Кальвіль сніговий, порівняно з відзначенням показника для необроблених плодів.

Кислий смак охолоджених яблук сорту Кальвіль сніговий відзначено нижчим, ніж неохолоджених, а необроблених сорту Спартан – несуттєво вищим. Порівняно з плодами сорту Спартан, необроблені яблука сорту Кальвіль сніговий визнано кислішими на 1,4–1,9 бала, оброблені 1-МЦП – на 1,9–2,2 бала кисліші. Оцінка кислого смаку плодів цього сорту за обробки 1-МЦП вища на 1,0–1,2 бали, сорту Спартан – на 0,5–0,9 бала, порівняно з позицією необроблених. Подібні результати одержано О. Дрозд для яблук зимових сортів Джонаголд, Голден Делішес і Грані Сміт [23].

Порівняно з плодами без обробки, де вищим показником загальної оцінки відзначено плоди без охолодження, рівень показника оброблених 1-МЦП на 0,3–0,4 бала суттєво вищий для яблук із попереднім охолодженням сорту Кальвіль сніговий і Спартан, а післязбиральна обробка «СмартФреш» зумовила відповідно на 1,3–1,7 та 1,0–1,8 бали вищу оцінку загального смаку цих плодів. Загалом, після шестимісячного зберігання попередньо охолоджені плоди сорту Кальвіль сніговий із післязбиральною обробкою 1-МЦП вирізнялись максимальною серед усіх варіантів вище середньої загальною оцінкою 6,4 бали, а 85% дегустаторів відзначили ці плоди як кращий зразок.

За результатом дисперсійного аналізу, показники споживчої якості яблук залежали переважно від оцінки респондентів та післязбиральної обробки 1-МЦП (дані не наведено). Аромат яблук сорту Кальвіль сніговий і Спартан відповідно на 94 та 96% визначався вподобаннями дегустаторів, а впливу післязбиральної обробки 1-МЦП не зафіксовано.

Твердість, соковитість і хрусткість яблук на понад 60% визначалась оцінками респондентів, а обробка 1-МЦП найбільше (30%) впливала на відзнаку хрусткості плодів сорту Кальвіль сніговий та загальну дегустаційну оцінку яблук обох сортів (25 і 13% відповідно). Кислий смак яблук сорту Кальвіль сніговий на 13% визначався післязбиральною обробкою 1-МЦП, а на солодкість плодів обох досліджуваних сортів впливу обробки 1-МЦП не виявлено.

Висновки. Післязбиральна обробка яблук 1-МЦП забезпечує суттєво кращі показники органолептичної оцінки плодів після шести місяців зберігання, порівняно з необробленими, а яблука з попереднім охолодженням обох помологічних сортів визнано кращими за всіма показниками споживчої якості. Після шести місяців холодильного зберігання оцінка респондентами твердості, хрусткості і соковитості оброблених 1-МЦП яблук сорту Кальвіль сніговий і Спартан вища, порівняно з плодами без обробки, в середньому на 1,5–2,5 балів. Для оброблених 1-МЦП яблук сорту Спартан після зберігання більш виражений солодкий смак, а для сорту Кальвіль сніговий – кислий. Аромат оброблених 1-МЦП яблук сорту Спартан визнано на 0,8–0,9 бала кращим, ніж необроблених, а плодів сорту Кальвіль сніговий без охолодження – на 0,6 бала гіршим. Найвищою з-поміж варіантів оцінкою загального смаку продукції 6,4 балів відзначено оброблені яблука сорту Кальвіль сніговий із попереднім охолодженням. Післязбиральна обробка 1-МЦП найбільше впливає на рівень твердості, хрусткості та соковитості та на показник загальної дегустаційної оцінки яблук обох помологічних сортів.

Перспективами подальших досліджень є визначення динаміки споживчих якостей продукції під час зберігання у взаємозв'язку з аналітичними результатами фізико-хімічного стану плодів.

Список літератури:

1. Peneau S., Hoehn E., Roth H.R., Escher F., Nuessli J. Importance and consumer perception of freshness of apples. *Food Chemistry*. 2006. Vol. 17. P. 9–19.
2. Criner G.K., Kezis A.S., Cheng H., Nord M. Apple preferences, formulation and testing: Red Delicious, McIntosh and Empire. *Journal of Food Distribution Research*. 1995. Vol. 26. P. 64–71.
3. Patterson P.M., Richards T.J. Newspaper advertisement characteristics and consumer preferences for apples: a MIMIC model approach. *Agribusiness*. 2000. Vol. 16. P. 159–177.
4. Rutkowski K.P., Markowski J., Siucińska K. The influence of harvest date, SmartFreshSM (1-MCP) treatment and storage conditions on quality of 'Shampion' apples. *3rd International Conference «Effects of Pre- and Post-harvest Factors on Health Promoting Components and Quality of Horticultural Commodities»*, March 23–25, 2014. Skierniewice, Poland, 2014. P. 25.
5. Marin A.B., Colonna A.E., Kudo K., Kupferman E.M., Mattheis J.P. Measuring consumer response to Gala apples treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest biology and technology*. 2009. Vol. 51. P. 73–79.
6. Kolniak-Ostek J., Wojdyło A., Markovski J., Siuchinska K. 1-methylcyclopropene postharvest treatment and their effect on apple quality during long-term storage time. *Europe food response technology*. 2014. Vol. 239. P. 603–612.

7. Zanella A., Stuerz S., Cazzanelli P., Cecchinell M., Rossi O. Benefits in apple fruit firmness retention after harvest achieved due to SmartFresh (1-MCP) treatment or dynamic controlled atmosphere storage by means of chlorophyll fluorescence (DCA-CF). *3rd International Conference "Effects of Pre- and Post-harvest Factors on Health Promoting Components and Quality of Horticultural Commodities"*. March 23–25, 2014. Skierniewice, Poland, 2014. P. 24.
8. Blankenship S.M., Dole J.M. 1-Methylcyclopropene: A review. *Postharvest Biology and Technology*. 2003. Vol. 28. P. 1–25.
9. Beaudry R., Watkins C. Use of 1-MCP on apples. *N.Y. Fruit Quarterly*. 2003. Vol. 11. P. 11–13.
10. Fan X., Blankenship S.M., Mattheis J.P. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. *Journal of American Soc. Horticultural Science*. 1999. Vol. 124. P. 690–695.
11. DeLong J.M., Prange R.K., Harrison P.A. The influence of 1-methylcyclopropene on 'Cortland' and 'McIntosh' apple quality following long-term storage. *HortScience*. 2004. Vol. 39. P. 1062–1065.
12. Watkins C., Nock J., James H. Rapid application of SmartFresh™ (1 MCP) to apples after harvest is more important than rapid CA. *N.Y. Fruit Quarterly*. 2010. Vol. 16. P. 3–9.
13. Гудковський В.А. Новая технология хранения и транспортировки плодов и овощей с использованием препарата «Фитомаг». *Овощеводство и тепличное хозяйство*. 2007. №10. С. 51–53.
14. Гудковський В.А., Кладь А.А., Кожина Л.В., Балакирев А.Е., Назаров Ю.Б. Прогрессивные технологии хранения плодов. *Достижения науки и техники АПК*. 2009. № 2. С. 66–68.
15. Juhneva-Radenkova K., Radenkov V. Influence of 1-methylcyclopropene and ULO conditions on sensory characteristics of apple fruit grown in Latvia. *Journal of Horticultural Research*. 2016. Vol. 24. № 1. P. 37–46.
16. Juhneva K., Skudra L., Skrivete M., Radenkovs V., Seglina D., Stepanovs A. Effect of 1-methylcyclopropene treatment on sensory characteristics of apple fruit. *Environmental and Experimental biology*. 2013. Vol. 11. P. 99–105.
17. Pre-Aymard C., Fallik E., Weksler A., Lurie S. Sensory analysis and instrumental measurements of 'Anna' apples treated with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*. 2005. Vol. 36. P. 135–142.
18. Jemric T., Fruk G., Kortylewska D., Aljinovic S. Postharvest quality and sensory characteristics of Granny Smith apple treated with SmartFresh™ (1-MCP). *Agriculture conspectus Sientificus*. 2012. Vol. 77. № 4. P. 211–215.
19. Lurie S., Pre-Aymard C., Ravid U., Larkov O., Fallik E. Effect of 1-methylcyclopropene on volatile emission and aroma in cv. Anna apples. *Food Chemistry*. 2002. Vol. 50. P. 4251–4256.
20. Rupasinghe H.P., Murr D.P., Paliyath G., Skog L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in "McIntosh" and "Delicious" apple. *HortScience*. 2000. Vol. 75. P. 271–276.
21. Vidrin R., Hribar J., Zlatic E. The aroma profile of apples as influence by 1-MCP. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2011. Vol. 19. № 1. P. 101–111.
22. Мойсейченко В.Ф. Основи наукових досліджень у плодівництві, овочівництві, виноградарстві та технології зберігання плодовоовочевої продукції. Київ : НМК ВО, 1992. 364 с.
23. Мельник О.В., Дрозд О.О. Органолептична оцінка яблук з післязбиральною обробкою інгібітором етилену. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2012. Ч. 1. Вип. 81. С. 233–238.

Melnyk O.V., Khudik L.M. TASTING EVALUATION OF APPLES WITH 1-METHYLCYCLOPROPENE TREATMENT

Consumer quality of the apples is determined by the aroma, juiciness of the fruit, good sour-sweet taste and sufficient firmness of the flesh, which indicates the freshness and usefulness of the produce, but is actively lost during long-term refrigerated storage. Improving the taste properties of fresh produce is possible by the post-harvest treatment of fruits with 1-methylcyclopropene (1-MCP), whose action mechanism is aimed to blocking the biological action of ethylene – the hormone of fruits aging and significantly slow down their physiological maturation and improve quality at the end of storage.

The effect of post-harvest treatment with 1-MCP of early winter apple varieties Calvil and Spartan on the basic indicators of fruit consumer quality after six months storage under atmosphere refrigerated conditions is investigated. Compared to the control, the best estimates of the treated 1-MCP fruits taste qualities were recorded. The prevailing influence of post-harvest treatment with 1-MCP on the formation into respondents high marks of hardness, crunchiness and juiciness of apples and also their high quality by the overall tasting evaluation, is shown. It has been proved that the 1-MCP treatment doesn't influence on the formation sweet taste Calvil apples and the aroma of fruits both varieties, but the respondents noted higher, compared with the control, aroma for the Spartan fruits.

In general, the 1-MCP treated apples of both varieties had better firmness, juiciness, crunchiness and higher acidity compared to the untreated fruits. After six months storage the pre-cooled 1-MCP treated Calville fruits had the highest overall quality rating, and most tasters rated these fruits as the best sample. Obtained regularities are confirmed by the existing literary data of this subject.

Key words: consumer quality, 1-MCP, post-harvest treatment, apples, produce, juiciness, aroma, sweetness, hardness, tasting evaluation.

Польовик В.В.

Національний університет харчових технологій

Корецька І.Л.

Національний університет харчових технологій

Березова Г.О.

Національний університет харчових технологій

Кравчук Н.М.

Національний університет харчових технологій

ВИКОРИСТАННЯ СОЛОДКИХ СТРУКТУРОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ДЕСЕРТУ

У статті проведено дослідження щодо використання нетрадиційної рослинної сировини (купажної суміші пюре з кизилу з пюре яблучним) в технології солодких збивних страв зниженої калорійності типу «Самбук». На основі експериментальних досліджень визначено фізико-хімічні показники модельних зразків десертів і доведено, що вирішальним технологічним чинником утворення пінної структури, стабілізації пінної системи та зниження калорійності готового виробу є заміна цукру на глюкозно-фруктозний сироп і заміна натурального курячого білка на сухий яєчний білок у комплексі з плодово-ягідної сировиною, що входить до складу готового виробу. Ці інгредієнти мають суттєвий вплив на фізико-хімічні показники системи. Беруть участь у структуроутворенні і, будучи носієм солодкого смаку, несуть у собі нутрієнтний склад, що поліпшує загальну користь виробу, порівняно з аналогом. Встановлено оптимальне співвідношення вхідних інгредієнтів (плодово-ягідної сировини, глюкозно-фруктозного сиропу, сухого яєчного білку) у інноваційній технології десерту. На отримані модельні структури проведено комплексне оцінювання та складено профілограми якості і визначено критерії якості. Доведено, що інноваційні вироби мають кращі смакові та органолептичні показники за контрольний зразок.

Ключові слова: самбук, глюкозно-фруктозний сироп, калорійність, десерт, критерій якості.

Постановка проблеми. Заклади ресторанного господарства – найважливіші ланки ланцюга, за яким продукція переробних і харчових галузей агропромислового комплексу доставляється до столу споживачів.

Кулінарія – мистецтво приготування їжі, яке складається з різних послідовних прийомів, операцій обробки продуктів, завершується створенням страви з певним смаком, запахом, зовнішнім виглядом. Вивчення способів, прийомів і операцій обробки продуктів становить основу кулінарії. Успіх приготування якісної, смачної їжі, насамперед, залежить від уміння правильно підготувати і використовувати сировину, різні продукти харчування, які піддаються обробці в процесі приготування страв.

Вибір способу обробки продуктів багато в чому визначає якість страви. З цим пов'язано і вміння використовувати продукти харчування в оформленні страв, дотримання правил їх подачі

на стіл. Отже, весь процес приготування будь-якої страви зазвичай ділиться на низку послідовних стадій: первинної, теплової обробки продуктів, оформлення і подання її на стіл. Створення нових технологій харчування у виробництві відіграє велику роль у масовому харчуванні.

Солодкі страви є великою групою висококалорійних харчових продуктів, які користуються в Україні великим попитом. Основний недолік таких виробів полягає в тому, що фізіологічна цінність цих продуктів невелика. Вони служать переважно джерелом вуглеводів і жирів, тому їх надмірне вживання порушує збалансованість раціону – як щодо харчових речовин, так і щодо енергетичної цінності. Водночас вміст найважливіших мікронутрієнтів (вітамінів, макро- і мікроелементів) і харчових волокон у них, як правило, невелике.

Перетворення на ринку солодких страв, що відбуваються останніми роками, значною мірою

змінити і традиційні підходи до цієї групи продуктів. Солодкі страви з висококалорійних десертів поступово перетворилися на важливі і улюблені компоненти харчового раціону. Окреслилася тенденція збільшення попиту на солодкі страви дієтичного призначення.

Останнім часом дедалі більшої популярності набуває продукція без додавання барвників, штучних добавок, гормонів, антибіотиків, стимуляторів росту тощо. І саме це сприяє вимагати особливої уваги до розроблення харчових продуктів із високою біологічною цінністю, що певною мірою навіть здатні підтримувати здоров'я людини, підвищувати її адаптивний статус до навколишнього середовища.

Водночас більшість солодких страв має високу калорійність через жири, яйця, молоко або вершки, але, у свою чергу, ця група страв позбавлена більшості вітамінів, мінеральних речовин, що, відповідно, спричиняє дефіцит есенціальних нутрієнтів, зокрема йоду, заліза, β -каротину, харчових волокон, що призводить до розвитку аліментарно залежних хвороб.

Саме тому можливість використання нових технологій, що засновані на використанні функціональних інгредієнтів природного походження, дасть змогу задовольнити потреби організму людини в дефіцитних нутрієнтах і розширити асортимент солодких страв не тільки смачними, але й корисними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки в нашій країні та за кордоном накопичено великий досвід щодо використання рослинної сировини, зокрема нетрадиційної, як добавок у технологіях харчових продуктів, зокрема десертних виробів. У розв'язанні проблеми обґрунтування та розроблення технологій харчових продуктів із рослинними добавками значну роль відіграють праці учених, таких як О.О. Гринченко, Л.В. Капрельянц, П.П. Пивоваров, R. Hart, G. Jeronimiolis, C.J. Knewstubb, J. Leman та інші. Розвитку теоретичних основ і практичних аспектів розроблення та використання функціональних продуктів харчування та нетрадиційної рослинної сировини як засобу профілактики та ліквідації дефіциту есенціальних речовин присвячено праці вітчизняних і зарубіжних учених, а саме таких як: А.М. Дорохович, П.О. Карпенко, В.Н. Корзун, М.Ф. Кравченко, А.А. Кочеткова, Г.М. Лисюк, Н.Я. Орлова, М.І. Пересічний, Ж.О. Петрова, Н.В. Притульська, Г.Б. Рудавська, І.В. Сирохман, Г.О. Сімахіна, Ю.Ф. Снежкіна, Л.М. Шатнюк, І.В. Чоні, S. Gorinstein, К.Н. Honikel, T. Mizota та інші [3; 4; 6; 10; 11; 14; 18; 23].

Одним із перспективних напрямів створення харчових продуктів функціонального призначення є розроблення солодких страв із використанням нетрадиційних рослинних добавок, які характеризуються високим вмістом розчинних харчових волокон, антиоксидантів і мікроелементів, зокрема йоду. Сучасні дослідження науковців підтверджують позитивний фізіологічний вплив рослинних добавок на організм людини.

Актуальним сьогодні є і пошук сировини, що є альтернативним джерелом біологічно активних речовин (БАР), та аналіз перспективи використання дикорослої сировини, що має високу врожайність і не використовується належним чином.

Солодкі страви, приготовлені зі свіжих плодів та ягід, підсилюють виділення травних соків і сприяють кращому травленню [22; 25]. Широке розмаїття використовуваної сировини дає змогу приготувати страви різної калорійності з неоднаковим вмістом білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і вдало сполучити їх з іншими стравами меню відповідно до вимог раціонального харчування.

Нами запропоновано дослідити можливість використання плодів банана, журавлини та кизилу в технологіях солодких страв.

Харчова цінність обраних плодів висока, оскільки вони містять цукри (до 9%) переважно у вигляді фруктози, вітаміни С, В₂, В₁₂, РР, β -каротин. Мають високий вміст також і мінеральні речовини (0,6%), зокрема цінні для організму людини солі калію, заліза, магнію, натрію, кальцію та фосфору. Аналіз харчової цінності солодких страв показав недостатній вміст білків (0,4–6,1 г) у стравах. Підвищення цього показника можливе завдяки використанню нетрадиційної рослинної сировини.

Важливим аспектом також є те, що солодкі страви, приготовлені зі свіжих плодів та ягід, підсилюють виділення травних соків і сприяють кращому травленню [22]. Враховуючи вищезазначене, вважаємо розроблення технологій солодких страв лікувально-профілактичного призначення особливо актуальним.

Постановка завдання. Метою роботи є розроблення науково обґрунтованої технології солодких страв підвищеної харчової споживчої цінності з використанням нетрадиційної рослинної сировини (пюре банана, журавлини, кизилу, яблука, сухого яєчного білка та глюкозно-фруктозного сиропу (ГФС)).

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі завдання:

– за оглядом сучасних джерел аналітично обґрунтувати вибір сировини для інноваційного розроблення;

– визначити піноутворюючу здатність сухого яєчного білка з додаванням ГФС;

– дати оцінку доцільності використання сухого яєчного білка та ГФС у рецептурах солодких страв із погляду змін у технологічних характеристиках;

– розробити рецептуру нової солодкої страви – самбука з додаванням обраної сировини; визначити її хімічний склад, енергетичну цінність і фізико-хімічні показники якості.

Об'єктом дослідження є технологія виробництва солодких збивних страв зі зниженою калорійністю, збагаченою плодовою сировиною.

Предметом дослідження є плоди банана, журавлини, кизилу, яблук, сухий яєчний білок, ГФС-42, пюре з плодової сировини; модельні системи, що складаються з нативного яєчного білка, цукру і яблучного пюре, плодового пюре різної рослинної сировини.

Методи дослідження – органолептичні, мікробіологічні, математичні, фізико-хімічні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Самбук – збивний холодний десерт; виріб, для якого характерна пінна структура, що утворюється завдяки збиванню сахарози з яєчним білком. Вплив сахарози на утворення структури в цій групі солодких десертів є вагомим: сахароза підвищує стійкість піни, завдяки збільшенню в'язкості, володіє солодким смаком і структуроутворюючими властивостями, але водночас вона зменшує піноутворення, порівняно з піноутворенням самого білка. Враховуючи провідний вплив сахарози на процес піноутворення маси, було припущено, що ГФС матиме вагомий вплив на процес піноутворення. В літературних джерелах зазначалося, що ГФС вважається нешкідливою харчовою добавкою [23], а сучасні дослідження довели, що для ГФС немає обмежень під час використання в харчовому виробництві і він отримує все ширше коло застосування в різних групах харчових продуктів.

Використання багатьох рецептурних компонентів під час утворення, формування, стабілізації і дестабілізації піни суттєво ускладнює дослідження реальних систем. Одним із підходів, що дає змогу обійти цю проблему і визначити основні фізико-хімічні властивості піни, є дослідження та використання простих модельних систем типу «Піноутворювач-структуроутворювач».

Під час виготовлення пінних білкових структур обов'язковим є процес збивання, тому осно-

вними і важливими показниками для цих мас є показник питомого об'єму, час утворення піни та її стійкість. Подальші дослідження проводилися саме за цими показниками.

Традиційні технології виготовлення самбуку передбачають використання білку курячого нативного. Для виключення впливу показників нативного білку, в модельних дослідах, ми використовували сухий яєчний білок.

Для відновлення сухого яєчного білка необхідна рідина, а для утворення структури десерту – солодка речовина-структуроутворювач, тому з технологічного погляду було доцільно провести дослідження кінетики утворення пінної структури з різними концентраціями солодких речовин.

Сьогодні самбуки мають велику популярність, оскільки вони володіють високими смаковими властивостями, ніжною, повітряною консистенцією та привабливим зовнішнім виглядом. Але, на жаль, через вміст желатину і цукру вони є калорійними і мають невисоку харчову цінність. Тому важливо було розглянути можливості вдосконалення цього десерту, знайти альтернативу певним інгредієнтам.

Аналіз традиційних технологій збивних десертних виробів показав, що їхні складники надають продукту високої енергетичної цінності. Сам технологічний процес є багатостадійним. Тому перспективним напрямом є використання додаткових натуральних структуроутворювачів на основі рослинної сировини, які мають низку переваг із технологічного та фізіологічного поглядів.

Піна – це дисперсна система, яка складається з пухирців газу, розділених плівками рідини або твердим тілом. Зазвичай газ (повітря) розглядають як дисперсну фазу, рідину (тверде тіло) – як безперервне дисперсійне середовище [4]. Піна, в якій дисперсним середовищем є тверде тіло, утворюється в процесі отвердіння розчинів [7].

Як піноутворювачі в харчових продуктах застосовують речовини, що містяться в натуральному продукті або утворюються під час приготування продукту, і штучно введені речовини.

Традиційно, під час приготування самбука, використовують яблучне пюре. Під час додавання іншого фруктового пюре до самбука знижується його піностійкість, тому першим етапом під час проведення досліду було визначення доцільності заміни нативного білка на сухий яєчний і часу збивання з різними цукристими видами сировини.

Для утворення стійкої піни десерту потрібна відповідна в'язкість вихідного розчину і низький поверхневий натяг на межі розділення фаз рідина –

повітря. Для полегшення процесу збивання і одержання більш стійких пін як поверхнево активну речовину використовують яєчний білок [19; 22; 26].

На першому етапі для виключення впливу технологічних показників були розроблені і використані модельні зразки із заміною нативного яєчного білка сухим яєчним білком.

Збільшивши стійкість піни, ми дослідили можливість використання ГФС під час виробництва десертів типу «самбук».

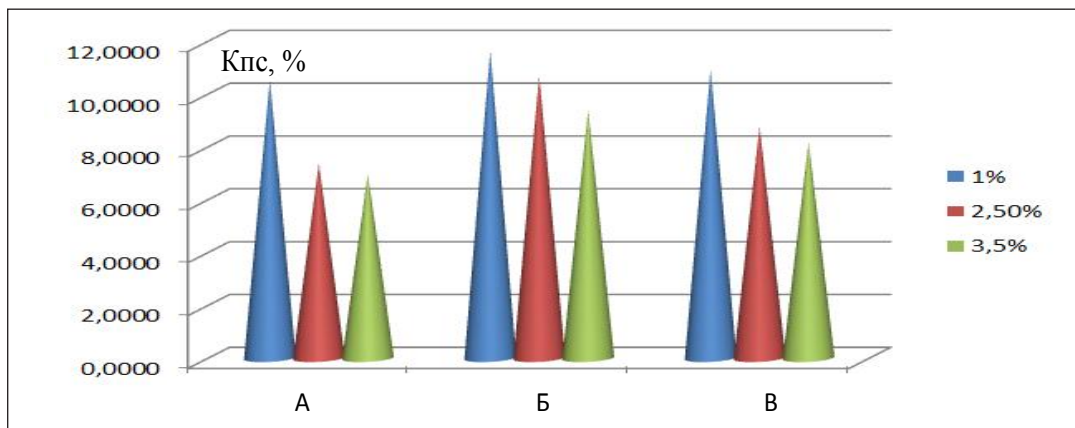
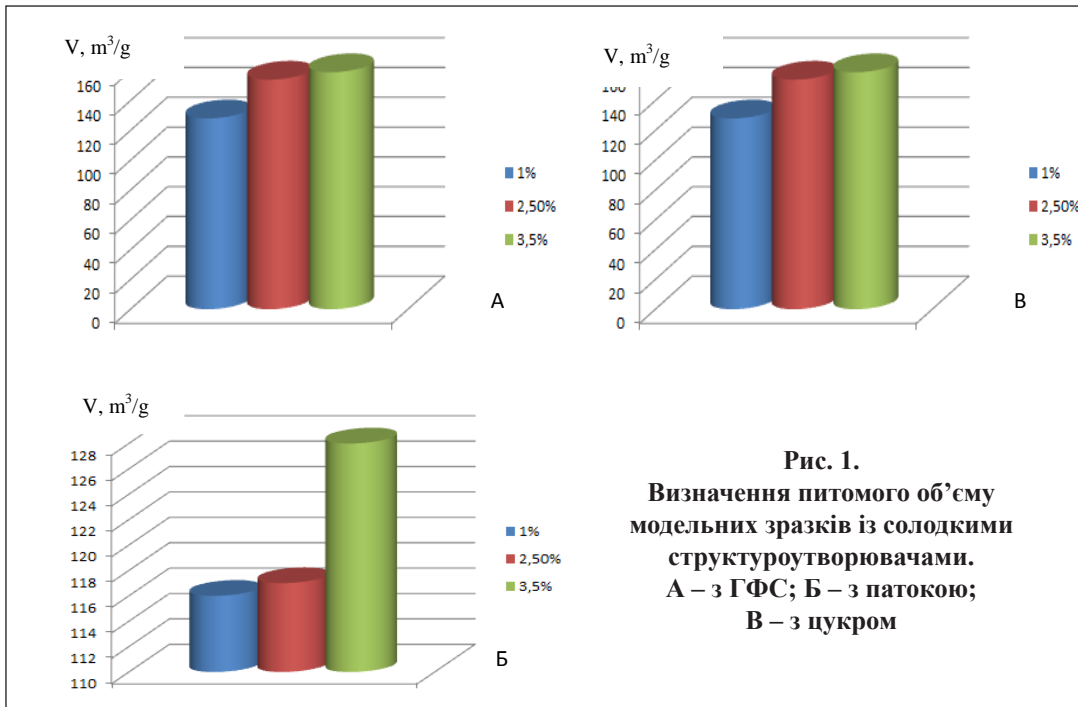
Вимірювання об'єму піни залежно від концентрації ГФС проводили через кожну хвилину протягом 10 хв збивання білкової маси (рис. 1.)

З результатів отриманих досліджень доцільно зазначити, що найбільш оптимальними техноло-

гічними показниками володіють цукор і ГФС, а використання патоки в цьому типу десертів не є доцільним.

Оцінку агрегативної (седиментаційної) стійкості піни проводили за допомогою коефіцієнта стійкості, який виражається відношенням часу руйнування піни (час, що пройшов після припинення збивання до появи перших ознак синерису) до її початкового об'єму (рис. 2).

Адсорбційні шари сповільнюють стікання рідини в плівці, знижують швидкість зменшення її товщини. Водночас ці шари надають плівці високої структурної в'язкості і механічної міцності, ніби створюють пружний каркас, що забезпечує піні відповідні фізико-хімічні властивості твердого тіла [17].



Стабільність піни пояснюють структурно-механічними властивостями адсорбційних шарів і термодинамічною стійкістю рідких прошарків яєчного білка. Піноподібні маси через низький вміст сухих речовин і обмежену в'язкість є нестійкими системами. Під дією сил поверхневого натягу і стікання рідини плівки каркасу стають тоншими і поступово руйнуються [19].

Попередньо встановлено, що структура піни білкових мас, що містять цукрозамінники, після збивання значно відрізняється від контролю [23; 24].

Збільшення в'язкості дисперсійного середовища може впливати на стійкість пін, тому нами були проведені дослідження впливу МК на стійкість піни [27]. ГФС додавали в кількості 1,0; 5,0 та 7,0 % до маси пюре.

Встановлено, що всі запропоновані концентрації ГФС збільшують стійкість піни. При цьому спостерігається абсолютна стійкість піни вже за мінімальним дозуванням ГФС (рис. 3).

Стійкість піни виражається не лише її здатністю зберігати загальний об'єм, дисперсний склад, але і протидіяти синерезису, тому під час аналізу властивостей пін доцільно охарактеризувати її агрегативну стійкість, яка виражена швидкістю зменшення піни в одиниці об'єму [28]. Оцінку агрегативної (седиментаційної) стійкості піни проводили за допомогою коефіцієнта стій-

кості, який виражається відношенням часу руйнування піни (час, що пройшов після припинення збивання до появи перших ознак синерезису) до її початкового об'єму [29].

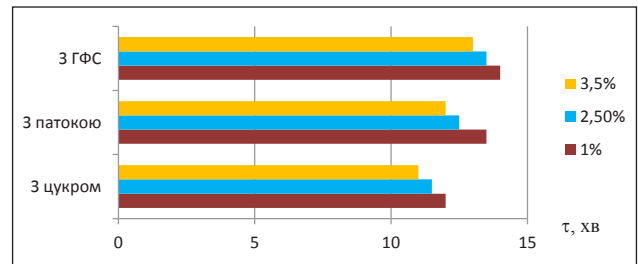


Рис. 3. Стійкість піни модельних зразків із різними цукрозамінниками

Численними дослідженнями фахівців доведено, що використання натуральної рослинної сировини для структуроутворення дає змогу не тільки розширити асортимент харчових продуктів, але й відмовитися від харчових добавок хімічної природи та раціонально застосовувати місцеві ресурси. Практичний інтерес зумовлює використання як структуроутворювачів і цукрозамінників різних поверхнево-активних речовин у складі рослинної сировини, оскільки всі цінні компоненти в них є у вигляді природних сполук і їх краще засвоює організм.

Варто зазначити, що для виготовлення збитих десертів доцільно застосовувати порошкоподібні

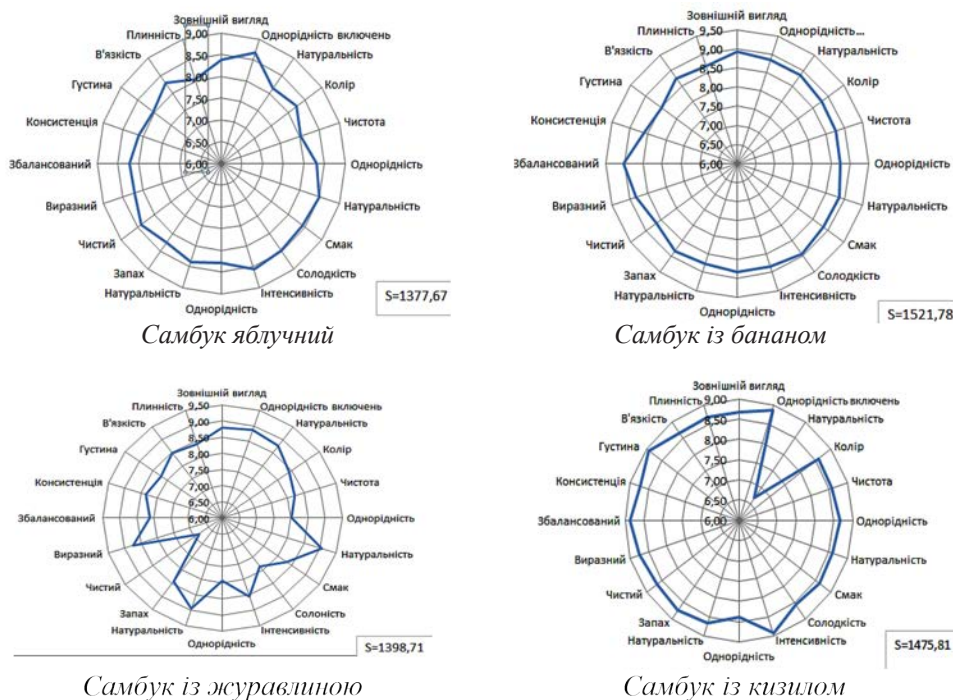


Рис. 4. Профілограми органолептичних показників інноваційних десертів

білкові суміші, тому що вони мають стабільну піноутворюючу здатність.

Під час розроблення солодких страв нами використано математичне моделювання рецептурного складу десертів [16]. Готові страви були представлено дегустаційній комісії, яку прово-

дила кафедра технології ресторанної і аюрведичної продукції НУХТ.

Органолептичні показники десертів отримали високі бали, а критерій якості [1] для самбука з бананом становив 1521 бал² проти контрольного зразка (яблучний) 1377 б².

Список літератури:

1. Koretska I.L., Zinchenko T.V. Evaluation of research samples nonlinear quality criteria. *Proceedings of II International scientific conference "World Science in 2018": Results*. Morrisville, Lulu Press., USA, 2018. 122 p.
2. Smidsrod O. (2001). Effects of molecular weight and elastic segment flexibility on syneresis in Ca-alginate gels, *Food Hydrocolloids*, 15. P. 485–490.
3. Банова С. Удосконалення технології збивних кондитерських виробів : автореф. дис. ... канд. тех. наук : спец. 05.18.01 – Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів; Одеська національна академія харчових технологій. Одеса, 2003. 32 с.
4. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів / за ред. А. Дорохович, В. Ковбаси. Київ, 2016. 732 с.
5. Коагуляція и динамика тонких пленок / Духин С., Рулев Н., Димитров Д. Київ : Наукова думка, 1986. 228 с.
6. Загорська К., Березова Г., Польовик В. Дослідження технологічних показників самбуку з мальтодекстрином. В кн.: *Матеріали 85-ої ювілейної Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті», присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій*, 11–12 квітня 2019 р. Київ : НУХТ, 2019. Ч. 1. 527 с. С. 70.
7. Зубченко А. Дисперсные системы кондитерского производства: учеб. пособие. Воронеж, 1993. 160 с.
8. Измайлов В. Поверхностные явления в белковых системах. Москва : Химия, 1988. 240 с.
9. Измайлов В., Ребиндер П. Структурообразование в белковых системах. Москва : Наука, 1974. 268 с.
10. Іоргачова К., Банова С. Удосконалення технологій збивних кондитерських мас. *Наукові праці ОНАХТ*. 2002. Вип. 22. С. 8–11.
11. Загорська К., Березова Г., Польовик В., І. Корецька І. Шляхи зниження калорійності десертів. В кн.: *Матеріали 85-ої ювілейної Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті», присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій*, 11–12 квітня 2019 р. Київ : НУХТ, 2019. Ч. 1. 527 с. С. 70.
12. Клец Д., Кравчук Н., Польовик В. Шляхи зниження калорійності білкового десерту. В кн.: *Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції* : збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, м. Київ, 16 травня 2018 р. Київ : ККІБП, 2018. 229 с. С. 28–29.
13. Канушина Ю., Кистер И., Лисин П. Компьютерное моделирование аминокислотного состава многокомпонентных пищевых продуктов. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2011. № 11. С. 59–63.
14. Коробченко Ж., Польовик В., Корецька І. Аналіз сучасних десертів. *Мат-ли Всеукр. наук.-практ. конф., присв. 135-річчю Національного університету харчових технологій «Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі»*, 19–20 березня 2019 р. Київ : НУХТ, 2019. 245 с. С. 103–104.
15. Кругляков П., Ексерова Д. Пена и пенные пленки. Москва : Химия, 1990. 432 с.
16. Корецька І., Польовик В., Зінченко Т. Моделювання багатокомпонентного хімічного складу десертів. В кн.: *Матеріали 85-ої ювілейної Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті», присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій*, 11–12 квітня 2019 р. Київ : НУХТ, 2019. Ч. 1. 527 с. С. 73.
17. Нечаев А., Траубенберг С., Кочеткова А. и др. Пищевая химия. Санкт-Петербург, 2003.
18. Редько О., Кравчук Н. Використання нетрадиційної сировини для десертної продукції. В кн.: *Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції* : збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, м. Київ, 16 травня 2018 р. Київ : ККІБП, 2018. 229 с. С. 143–144.
19. Остроумов Л., Просеков А. Классификация пен в пищевой промышленности. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 1. С. 53–54.

20. Пасальський Б. Хімія і методи дослідження сировини та матеріалів : навч. посіб. / за ред. А. Маза-ракі. Київ : Національний торговельно-економічний університет, 2005. 237 с.
21. Патент на винахід № 117418 UA МПК А23J 33/08 (2006.01) № у 2017 03865; заявл. 10.11.2017; опубл. 25.07.2018, Бюл. № 14, 2018 р.
22. Склад низькокалорійного білкового десерту Польовик В., Корецька І., Кравчук Н., Бедусенко Л.; заявник Національний університет харчових технологій.
23. Переработка продукции растительного и животного происхождения / под ред. А. Богомолова, Ф. Перцевого. Санкт-Петербург : ГИОРД, 2001. 336 с.
24. Польовик В., Корецька І. Структура білкового десерту залежить від технологічних властивостей рецептурних компонентів. *Хлебный и кондитерский бизнес*. 2016. № 6. С. 36–38.
25. Склад низькокалорійного білкового десерту. Патент України на корисну модель № 113263, від 25.01.2017. Бюл. № 2. Польовик В., Корецька І., Левкун К., Кравчук Н.
26. Соловійова О. Удосконалення технології желейного мармеладу спеціального споживання : автореф. дис. ... канд. техн. наук; НУХТ. Київ, 2011.
27. Тихомиров В. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. 2-е изд., перераб. Москва : Химия, 1983. 264 с.
28. Schramm, L.L., Emulsions, Foams, and Suspensions: Fundamentals and Applications (Wiley-VCH, Weinheim), 2005.
29. Разрушение пен. Механизмы разрушения пен. Химик. Сайт о химии URL: <http://www.xumuk.ru/colloidchem/200.html>.
30. Зубченко А. Дисперсные системы кондитерского производства. Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 1998. 163 с.

Polovyk V.V., Koretska I.L., Berezova H.O., Kravchuk N.M. THE USE OF SWEET ORGANIC AMENDMENTS TO IMPROVE THE QUALITY OF THE DESSERT

This work, researches were conducted concerning on the use of non-traditional vegetable raw materials (mashed potatoes: blended puree of dogwood puree with apple puree), in the technology of low-calorie sweet foods of the type "Sambuk". To achieve our goal, various raw materials and varied factors for the development and replacement of ingredients in sweet dishes were studied. On the basis of experimental studies, the physicochemical parameters of model desserts were determined and it was proved that the decisive technological factor for the formation of foam structure, stabilization of the foam system, and reduction of the caloric content of the finished product is the replacement of sugar for glucose-fructose syrup, and the replacement of natural chicken protein for dry protein, in combination with the fruit and berry raw materials that are part of the finished product.

These ingredients have a significant impact on the physical and chemical performance of the system. They are involved in structure formation and, as a carrier of sweet taste, carry a nutrient composition that improves the overall benefit of the product compared to its analogue. The optimal ratio of input ingredients (fruit and berry raw materials, glucose-fructose syrup, dry egg white) in innovative dessert technology has been established. The complex structures were evaluated and quality profiles were drawn up and quality criteria were determined. The expediency of use of dogwood and glucose-fructose syrup in the technology of sweet sweetened dishes of the "Sambuk" type is expanded to expand the range of culinary products of functional purpose for restaurants.

It is proved that innovative products have better taste and organoleptic characteristics than the control sample.

Key words: sambuk, glucose-fructose syrup, calories, desserts, quality criterion.

УДК 641.85:[664.162.7:637.413
DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/24>

Радько І.С.

Національний університет харчових технологій

Аркуль О.В.

Національний університет харчових технологій

Кобець О.С.

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ САМБУКІВ ЗНИЖЕНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ

Сьогодні, коли люди споживають велику кількість зайвих калорій, переважно у вигляді простих вуглеводів і мононенасичених жирів, гостро стоїть питання зниження енергетичної цінності страв. Метою статті є дослідження властивостей розробленої солодкої збивної страви зниженої калорійності – десерту типу «Самбук». Для створення десерту був обраний новий збалансований склад натуральної рослинної сировини (пюре топінамбура – 14%, пюре чорної смородини – 12%, яблучне пюре – 50%) в поєднанні з мальтодекстрином (глюкозно-фруктозним сиропом) у кількості 20% і сухим яєчним білком (4%). Проаналізовано хімічний склад нетрадиційної досліджуваної сировини. Під час досліджень було підтверджено відповідність органолептичних і фізико-хімічних показників якості готової солодкої страви. Також було визначено вплив глюкозно-фруктозного сиropу на пінну структуру десерту та його піноутворюючу здатність. Обидва показники у новій солодкій страві (МЗС-4) є вищими, ніж у контрольному зразку (піностійкість – 69%, піноутворююча здатність – 200%). Визначено вітамінний склад десерту: вміст вітаміну В1 утричі більший, В2 – у 1,5 рази більший, В6 – у 1,5 рази більший, В9 – учетверо більший, С – удвічі більший, РР – майже вдвічі більший, В5 – утричі більший, Н – у 720 разів більший. Енергетична цінність нового зразка становить 41,31 ккал, що майже втричі рази нижче, ніж у контрольному зразку. Вміст сухих речовин становить 35%. Кислотність досліджуваного зразка нижча, навіть за контрольний зразок (5,3 рН). Питомий об'єм десерту становить 300 м³/кг. На основі експертної оцінки розроблено профілограми органолептичних показників якості контрольного зразка та інноваційного десерту. Зроблено висновки щодо доцільності використання нової плодово-ягідної сировини в солодкій страві.

Ключові слова: десерт, страва, модель, зразок, якість.

Постановка проблеми. Нині гостро стоїть питання забезпечення населення харчовими продуктами високої якості з підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Пов'язано це з нестачею низки незамінних факторів харчування та порушенням харчового статусу. У свою чергу, це мотивує до створення нових концепцій харчування, збалансованих за своїм хімічним складом, збагачених функціональними компонентами харчових продуктів. Одним із перспективних напрямів розроблення сучасних солодких страв і виробів є підвищення мікронутрієнтного складу та зниження калорійності.

Напрямом збалансування виступає натуральна рослинна сировина, яка має низьку калорійність, містить вітаміни та харчові волокна, мікроелементи. Рослинна сировина містить значну кількість речовин, які володіють поверхнево актив-

ними властивостями, що є перспективою для використання в збивних десертах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним компонентом, який забезпечує високу калорійність солодких страв і десертів є цукор. Він є високоефективним джерелом енергії для організму людини. Калорійність 100 г цукру становить 398 ккал. Цукор у харчових продуктах виконує роль не лише носія солодкого смаку, а й структуроутворювача та наповнювача маси [5].

Але, насамперед, цукор, що містить 99,75% цукрози і 0,25% нецукрів, вважають «чистими калоріями», очищеним від біологічно-активних речовин «незахищеним» вуглеводом, що миттєво всмоктується в кров, викликаючи різкі коливання рівня глюкози в крові і створює велике навантаження на інсулярний апарат людини. Надмірне вживання цукру може призвести до виникнення

гіперглікемії – підвищеного вмісту глюкози в крові, що негативно впливає на функції підшлункової залози. Може виникнути і цукровий діабет, але якщо у людини є схильність до цієї хвороби.

За невеликих витрат фізичної енергії та надлишку споживання цукру частина його перетворюється на жир, що сприяє підвищенню рівня холестерину і тригліцеридів у крові – розвивається ожиріння, атеросклероз та ішемічна хвороба серця [5].

Саме тому солодкі страви та десерти є перспективними базовими об'єктами для створення спеціальних харчових продуктів оздоровчого призначення, збагачених необхідними для організму людини речовинами.

Постановка завдання. Головною метою статті є дослідження впливу глюкозно-фруктозного сиропу (далі – ГФС) на структуру готових десертів, зниження їхньої енергетичної цінності, підвищення вмісту мікро- і макроелементів шляхом введення нетрадиційної плодово-ягідної сировини, дотримуючись піноутворюючої здатності десерту та збільшення його піностійкості.

Таблиця 1

Хімічний склад топінамбура

Складові речовини	Кількість елемента на 100 г продукту
Вода	79 г
Білки	2,1 г
Жири	0,1 г
Вуглеводи	12,8 г
Харчові волокна	4,5 г
Аскорбінова кислота (віт. С)	15 мг
Тіамін	0,2 мг
Рибофлавін	0,06 мг
Фолієва кислота	13 мкг
Піродоксин	0,08 мг
Пантотенова кислота	0,4 мг
Кальцій	20 мг
Залізо	0,4 мг
Магній	12 мг
Калій	200 мг
Натрій	3 мг

Виклад основного матеріалу дослідження.

Самбук – ніжний повітряний десерт на основі збитих яєчних білків, фруктово-ягідного пюре і желатину. За смаком нагадує зефір, тільки ніжніший за структурою і з більш м'яким смаком; має порівняно низьку калорійність [8].

Аналіз рослинної сировини, яку використовують під час приготування десерту самбук, показав широкий спектр використання плодово-ягідної та овочевої сировини [2].

Традиційно, під час приготування самбуку використовують яблучне пюре із вмістом сухих речовин 13...14%. Як нетрадиційну сировину дослідники пропонують використання ягід обліпихи, калини, фізалісу та горобини [4; 3].

Нами запропоновано використання пюре топінамбура та чорної смородини, які володіють цікавим хімічним складом (табл. 1 та 2).

Нині топінамбур широко використовують у зв'язку з тим, що бульби цієї рослини мають цілющі властивості. Він багатий на інулін, вітамін С, залізо, калій, клітковину, магній тощо. Його рекомендують вживати людям із цукровим діабетом, адже він регулює рівень холестерину, цукру і гемоглобіну в крові. Його застосування актуальне за надмірної ваги, у разі отруень і відкладання солей в організмі.

Ягоди смородини містять цукри (6...11%), лимонну, яблучну, бурштинову кислоти (1,5...3,6%), пектинові, азотисті, дубильні й фарбувальні речовини. За вмістом вітамін С посідає одне з провідних місць (близько 400 мг); за відповідної переробки плодів вміст його майже не зменшується. Крім того, в ягодах містяться вітаміни β-каротин і Р [7].

Таблиця 2

Хімічний склад чорної смородини

Складові речовини	Кількість елемента на 100 г продукту
Вода	82 г
Білки	1,4 г
Жири	0,41 г
Вуглеводи	13,4 г
β-каротин	9 мкг
Харчові волокна	2 г
Аскорбінова кислота (віт. С)	5–40 мг
Нікотинова кислота	0,94 мг
Токоферол	1 мг
Тіамін	0,05 мг
Рибофлавін	0,05 мг
Ніацин	0,05 мг
Пантотенова кислота	0,4 мг
Піродоксин	0,066 мг
Кальцій	55 мг
Залізо	1,54 мг
Марганець	256 мкг
Мідь	86 мкг
Цинк	0,27 мг
Магній	24 мг
Калій	322 мг
Натрій	2 мг
Фосфор	59 мг

Ягоди чорної смородини використовують для одержання різноманітних концентратів, препаратів вітаміну С і одночасно для збагачення аскорбіновою кислотою багатьох харчових продуктів [7].

Для утворення стійкої піни десерту потрібна відповідна в'язкість вихідного розчину і низький поверхневий натяг на межі розділення фаз рідина – повітря.

Для полегшення процесу збивання і одержання більш стійких пін як поверхнево активну речовину використовують яєчний білок. Низький поверхневий натяг яєчного білка дає змогу зменшувати товщину прошарку середовища між пухирцями з утворенням великої поверхні розділення. Одночасно в'язкість рецептурної суміші перешкоджає зниженню товщини прошарку, що може призвести до його розриву і коалесценції пухирців повітря [1].

Стабільність піни пояснюють структурно-механічними властивостями адсорбційних шарів і термодинамічною стійкістю рідких прошарків яєчного білка.

Адсорбційні шари сповільнюють стікання рідини в плівці, знижують швидкість зменшення її товщини. Водночас ці шари надають плівці високої структурної в'язкості і механічної міцності, ніби створюють пружний каркас, що забезпечує піні відповідні фізико-хімічні властивості твердого тіла.

Піноподібні маси через низький вміст сухих речовин і обмежену в'язкість є нестійкими системами. Під дією сил поверхневого натягу і стікання рідини плівки каркасу стають тоншими і поступово руйнуються [6].

Нами були розроблені модельні зразки (МЗ) з нативним яєчним білком – МЗ-1 (контроль), з сухим яєчним білком і білим кристалічним цукром – МЗ-2, з нативним яєчним білком і білим кристалічним цукром – МЗ-3, а також із сухим яєчним білком і глюкозно-фруктозним сиропом (ГФС) – МЗ-4. Динаміка утворення яєчної піни представлена на рис. 1.

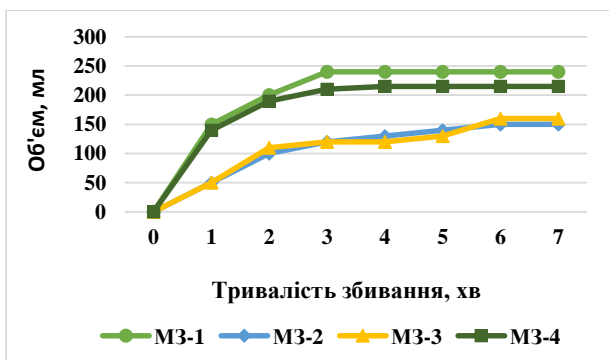


Рис. 1 – Динаміка утворення об'єму яєчної піни

Джерело: розроблено авторами

Під час проведення дослідження було поставлено мету визначити доцільність заміни нативного білка на сухий яєчний і час збивання їх із глюкозно-фруктозним сиропом.

Аналіз дослідів показав, що кращу піноутворюючу здатність має контроль – МЗ-1 (нативний яєчний білок). Під час додавання до нативного яєчного білка цукру (МЗ-3), його піноутворююча здатність знижується на 80 мл об'єму. Найгіршу піноутворюючу здатність мав зразок МЗ-2 (сухий яєчний білок і білий кристалічний цукор), порівняно з МЗ-1 його піноутворююча здатність знижувалась на 90 мл об'єму. Піноутворююча здатність МЗ-4 є найбільш подібною до МЗ-1 та становить 215 та 240 мл об'єму відповідно.

Подальші дослідження були спрямовані на вивчення можливості введення пюре з топінамбура та смородини в рецептуру десерту.

Нами був обраний контрольний зразок «Самбук яблучний» КЗС та розроблено модельні зразки: «Самбук із додаванням пюре топінамбура та смородини» МЗС-1 (10:52); «Самбук із додаванням пюре топінамбура та смородини» МЗС-2 (14:15); «Самбук із додаванням пюре топінамбура та смородини» МЗС-3 (24,5:13) та «Самбук із додаванням пюре топінамбура та смородини» МЗС-4 (14:12), які за своїм рецептурним складом відрізняються вмістом і видом яєчного білка, носієм солодкого смаку, вмістом плодово-ягідної сировини (рис. 2).

У досліджуваних зразках визначено фізико-хімічні показники (рис. 3, 4, 5) та проведено розрахунок вітамінного складу (табл. 3).

З рис. 2 ми бачимо, що КЗС складається з яблучного пюре, цукру, желатину (замоченого у воді) та яєчного білка. Самбук має високу калорійність (122,04 ккал). Попри стійку пінну структуру, органолептичні властивості самбуку на середньому рівні. МЗС-1...МЗС-3 без значних відмінностей у рецептурному складі, однак, за органолептичною оцінкою, страви набули гірших показників порівняно з КЗС та МЗС-4.

МЗС-4 складається із сухого яєчного білка (4%), ГФС (20%), пюре з яблук (50%), топінамбура (14%) та смородини (12%). Калорійність досліджуваного зразка становить 41,31 ккал, що майже втричі нижче, ніж у контрольному зразку. Самбук має найкращі органолептичні показники та повністю задовольняє очікуваний результат.

Проаналізувавши рис. 3, ми бачимо, що найбільшу кількість сухих речовин має дослідний зразок МЗС-3, що свідчить про вміст великої кількості плодово-ягідного пюре, яке містить багато

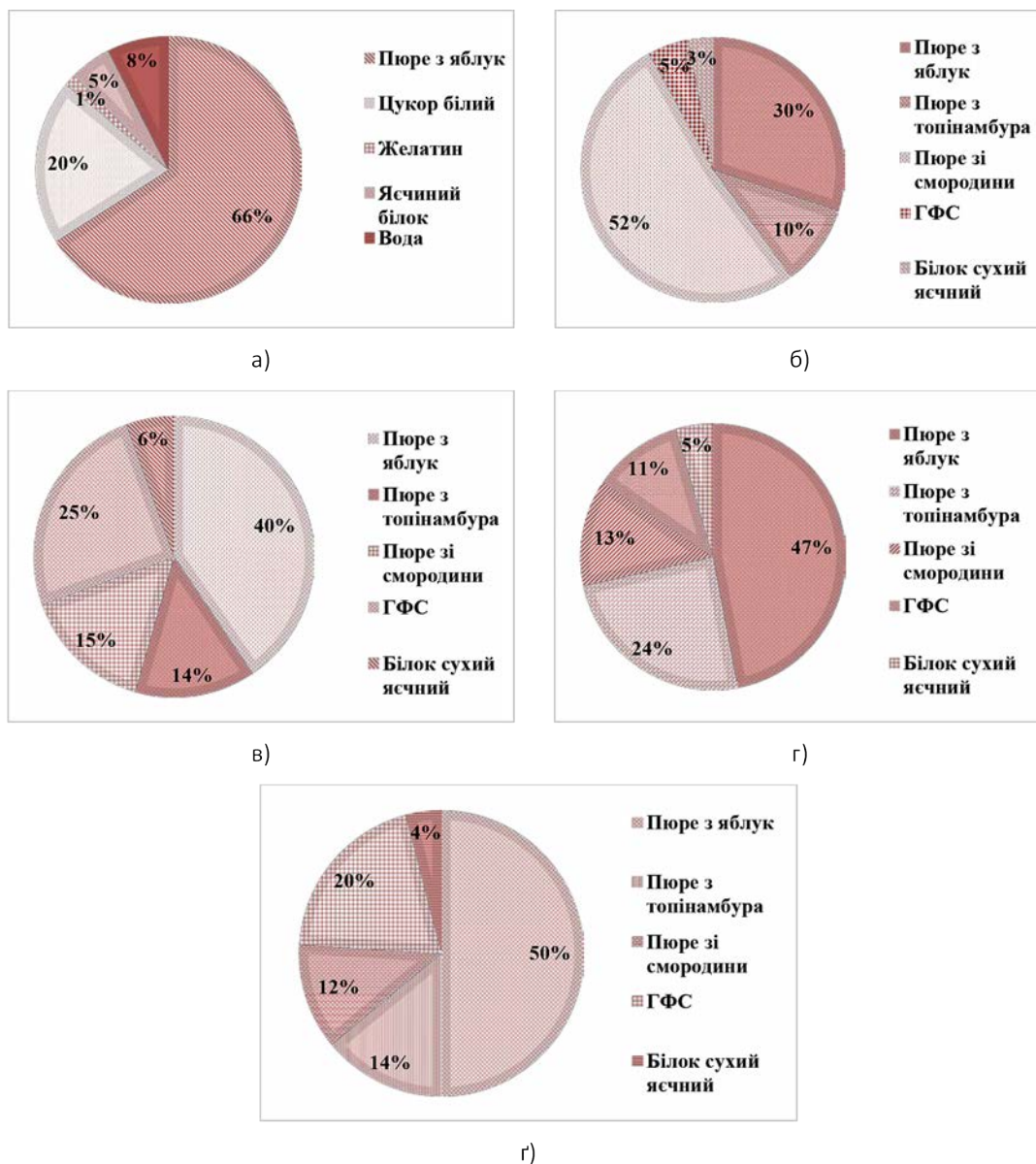


Рис. 2 – Рецептурний склад досліджуваних зразків:
а) – КЗС; б) – МЗС-1; в) – МЗС-2; г) – МЗС-3; д) – МЗС-4

Джерело: розроблено авторами

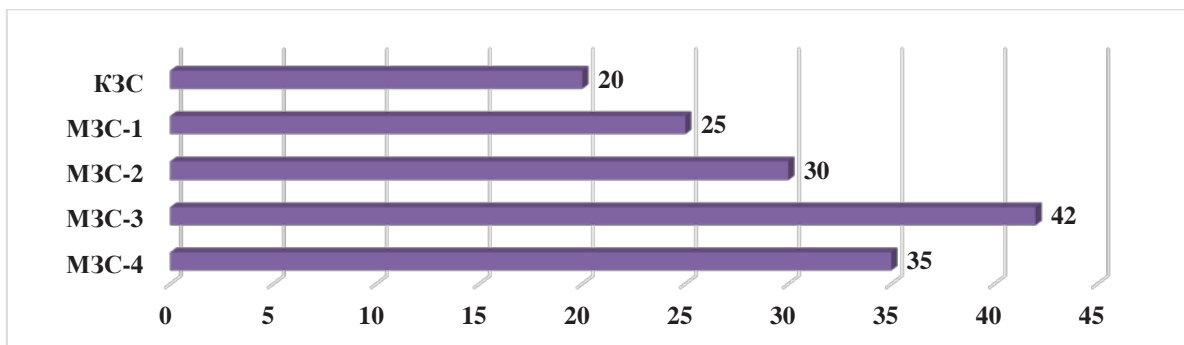


Рис. 3 – Вміст сухих речовин, %

Джерело: розроблено авторами

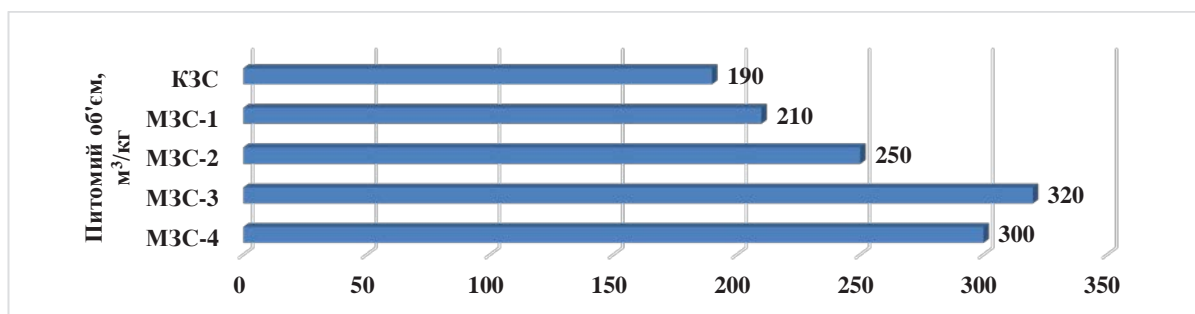


Рис. 4 – Визначення питомого об'єму досліджених зразків

Джерело: розроблено авторами

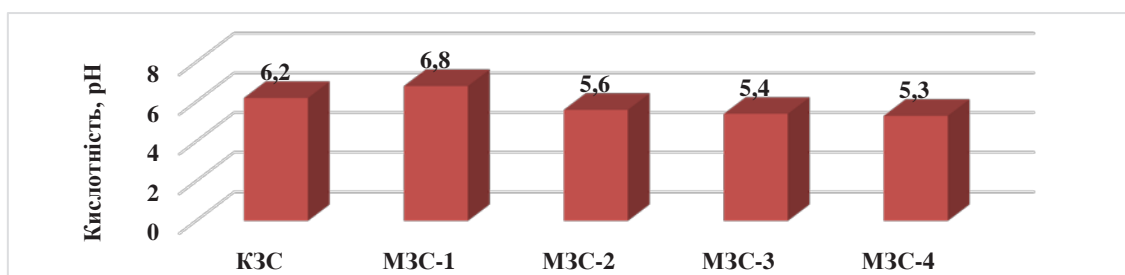


Рис. 5 – Визначення кислотності модельних зразків

Джерело: розроблено авторами

пектинових речовин. З іншого боку, МЗС-4 йому майже не поступається.

Одним із вагомих показників якості десертів є питомий об'єм виробів.

Отже, додавання пюре топінамбура та смородини має суттєвий вплив на підвищення питомого об'єму страви. Зміна концентрації плодово-ягідного пюре суттєвого впливу на питомий об'єм не має.

Найбільший питомий об'єм мають модельні зразки самбуку 3 та 4 через їхню рецептурну композицію.

Зважаючи на дані рис. 5, можна зробити висновки, що модельні зразки самбуку 3 та 4 мають найменшу кислотність, що нижча навіть за контрольний зразок, що залежить від вмісту плодово-ягідної сировини.

Після аналізу всіх розрахунків і лабораторних досліджень нами було обрано МЗС-4 як кращий з усіх інших зразків. Він має чудові органолептичні показники, високий питомий об'єм і вміст сухих речовин, порівняно низьку кислотність, знижену калорійність, при цьому вміст білків і вуглеводів залишається на високому рівні, а вміст жирів – найнижчий із-поміж усіх зразків.

Розрахунок вітамінного складу зразків КЗС та МЗС-4 представлено у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3

Розрахунок вітамінного складу досліджуваних зразків

Вітаміни	Самбук яблучний (КЗС) / на 100 г страви	Самбук із додаванням пюре топінамбура та смородини (МЗС-4) / на 100 г страви
Вітамін β-каротин, мг	0,02	0,005
Вітамін В1 (тіамін), мг	0,01	0,03
Вітамін В2 (рибофлавін), мг	0,04	0,06
Вітамін В6 (піридоксин), мг	0,04	0,06
Вітамін В9 (фолієва к-та), мг	0,0011	0,00415
Вітамін С, мг	13,7	30,0
Вітамін Е (ТЕ), мг	0,3	0,3
Вітамін РР (ніациновий еквівалент), мг	0,4988	0,893
Вітамін В5 (пантотенова к-та), мг	0,05	0,14
Вітамін Н (біотин), мг	0,0004	0,28815

Джерело: розроблено авторами

Отже, створений нами самбук (МЗС-4) має кращі показники за вмістом вітамінів, ніж КЗС. Наприклад, вітамін В1 (утричі більше), В2

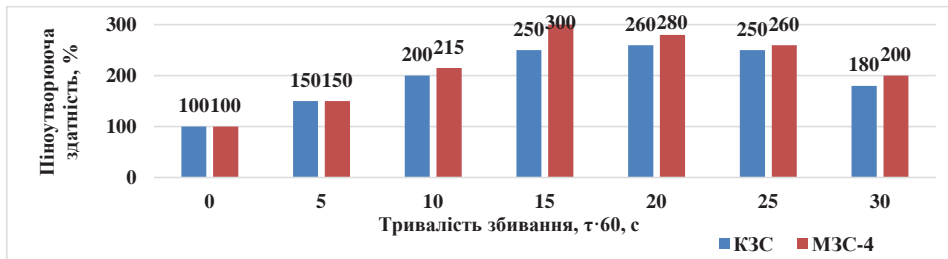


Рис. 6 – Піноутворююча здатність досліджуваних зразків

Джерело: розроблено авторами

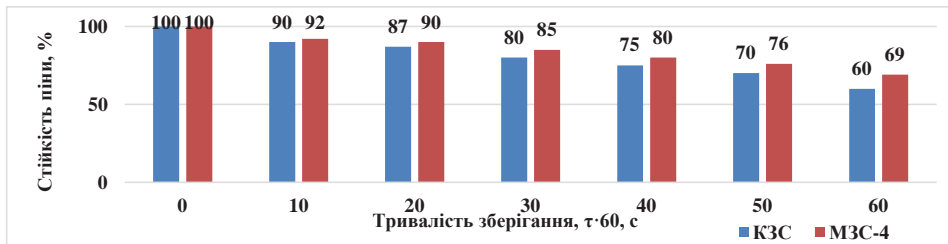


Рис. 7 – Стійкість піни модельних зразків

Джерело: розроблено авторами

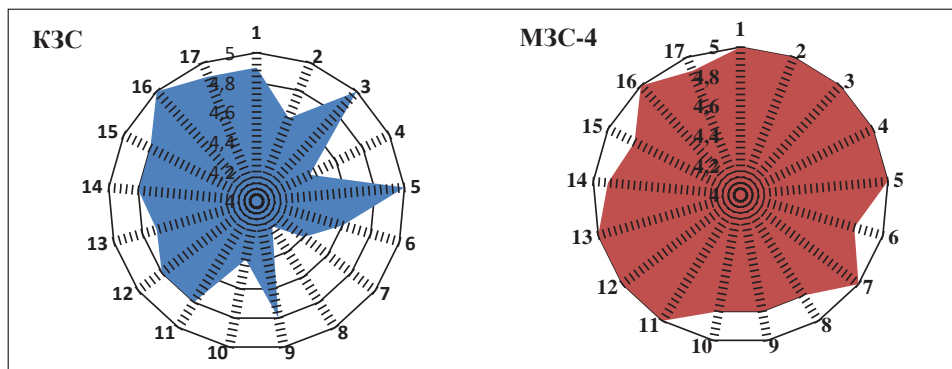


Рис. 8 – Профілограми органолептичних показників якості десертів:

КЗС – контрольний зразок, МЗС-4 – інноваційний десерт 1 – зовнішній вигляд; 2 – стан поверхні; 3 – однорідність поверхні; 4 – колір; 5 – чистота; 6 – однорідність кольору; 7 – інтенсивність; 8 – смак; 9 – солодкість; 10 – інтенсивність смаку; 11 – запах; 12 – чистий; 13 – виразний; 14 – консистенція; 15 – щільність; 16 – м’якість; 17 – однорідність.

Джерело: розроблено авторами

(у 1,5 рази більше), В6 (у 1,5 рази більше), В9 (учетверо більше), С (більше ніж удвічі), РР (майже вдвічі більше), В5 (утричі більше) та Н (у 720 разів більше).

Для визначення технологічних параметрів виробництва плодово-ягідних самбуків (КЗС та МЗС-4) було досліджено піноутворюючу здатність готового десерту та стабільність піни (рис. 6, 7). Як видно з рис. 6, вплив тривалості збивання досліджуваних зразків, під час введення пюре топінамбура в кількості 14% від рецептурного складу сприяє підвищенню піноутворюючої здатності.

Під час дослідження піностійкості КЗС та створеного інноваційного зразка (МЗС-4) нами було визначено, що цей зразок має кращу піностійкість, ніж зразок-аналог. Ефект здійснюється завдяки великій кількості пектинових речовин, наявних у десерті, а також через формування стійкого просторового каркасу, що утворюється за допомогою молекулярних і міжмолекулярних зв’язків.

У процесі досліджень було визначено органолептичну оцінку та на її основі розраховано показник якості готових солодких страв (рис. 8).

Аналіз профілограм показав, що найвищий критеріальний бал має зразок МЗС-4 (4,9 бала)

порівняно з контрольним зразком (4,7 бала), що на 0,2 бала більше.

Одержані результати досліджень готових десертів дають можливість розширити асортиментний склад солодких страв у закладах ресторанного господарства для людей із певними групами захворювань.

Висновки. Визначено доцільність додавання нової сировини, а саме пюре топінамбура та чорної смородини, в технологію збивних десертів. Обрано раціональний рецептурний модель-

ний зразок МЗС-4. Встановлено, що десерти, в які додали глюкозно-фруктозний сироп і сухий яєчний білок, мають високі фізико-хімічні та органолептичні показники якості, знижену калорійність (майже втричі), а додаткове внесення пюре з топінамбура та смородини покращує стабільність пінно-дисперсної структури та інших показників. Рекомендовано до споживання всім верствам населення. Розширено асортиментний склад солодких страв у закладах ресторанного господарства.

Список літератури:

1. Бендас Я.Ю. Вплив цукрозамінників на утворення пінної структури у змінних десертах. *Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека* : мат-ли Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 12–13 травня 2016 р. Київ : НУХТ, 2016. С. 99–101.
2. Левкун К.Ю. Використання нетрадиційної сировини при виготовленні десертів. *Овочівництво і багтанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку* : мат-ли III Міжнар. наук.-практ. конф., м. Ніжин, 13–14 березня 2017 р. Ніжин : ІОБ НААН, 2017. С. 171–175.
3. Оболкіна В.І. Застосування напівфабрикатів з дикорослих плодів та ягід для подовження терміну придатності кондитерських виробів. *Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності* : мат-ли V Міжнар. спеціаліз. наук.-практ. конф., м. Київ, 14 вересня 2016 р. Київ : НУХТ, 2016. С. 124–125.
4. Польовик В.В. Аналіз антиоксидантних властивостей нетрадиційної сировини для виготовлення збивних солодких десертів. *Творчий пошук молоді – курс на ефективність* : тези доповідей VII Міжнар. наук.-теорет. інтернет-конференції молодих учених, аспірантів, студентів, м. Хмельницький, 25 лютого 2016 р. Хмельницький : ХКТЕІ, 2016. С. 422–424.
5. Польовик В.В. Аналіз харчової цінності солодких страв. *Якість і безпека харчових продуктів* : тези доповідей II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 12–13 листопада 2015 р. Київ : НУХТ, 2015. С. 48–50.
6. Пушка О.С. Використання структуроутворювачів у десертах пінної структури. *Новітні тенденції у харчових технологіях та якість і безпечність продуктів* : збірник мат-лів VI Всеукр. наук.-практ. конф., м. Львів, 10–11 квітня 2014 р. Львів : Ліга прес, 2014. С. 31–34.
7. Смородина чорна. *МДПУ Вікіпедія*. URL: http://wikiinfo.mdpu.org.ua/index.php?title=Смородина_чорна (дата звернення: 11.10.2019).
8. Яблучний самбук: випічка та десерти. *Сайт здорового харчування «MedFond»*. URL: <https://medfond.com/domashnya-vipichka/yabluchnii-sambuk.html> (дата звернення: 10.10.2019).

Radko I.S., Arpul O.V., Kobets O.S. RESEARCH OF PROPERTIES OF SAMBUKS WITH REDUCED ENERGY VALUE

Nowadays, when people consume large amounts of extra calories, mainly in the form of simple carbohydrates and monounsaturated fats, the energy value of food is widely discussed. The purpose of this article is to investigate the properties of a developed low-calorie sweet dish – a Sambuk dessert. To create the dessert, a new balanced composition of natural vegetable raw materials (topinambour puree – 14%, black currant puree – 12%, apple puree – 50%) was selected in combination with maltodextrin (glucose-fructose syrup) in the amount of 20% and dried egg protein (4%). Chemical composition of unconventional raw materials is analyzed. In the course of the research conformity of organoleptic and physicochemical indicators of the quality of the finished sweet dish was confirmed. The effect of glucose-fructose syrup on the foamy structure of the dessert and its foaming capacity was also determined. Both indicators in the new sweet dish (MSS-4) are higher than in the control sample (foaminess – 69%, foaming capacity – 200%). The vitamin composition of the dessert was determined: vitamin B1 content 3 times higher, B2 – 1.5 times higher, B6 – 1.5 times higher, B9 – 4 times higher, C – 2 times higher, PP – almost 2 times higher, B5 – 3 times higher, H – 720 times higher. The energy value of the new sample is 41.31 kcal, which is almost 3 times lower than in the control sample. The solids content is 35%. The acid of the test sample is lower, even than the control sample (5.3 pH). The specific volume of the dessert is 300 m³/kg. On the basis of expert evaluation, profilograms of organoleptic quality indicators of control sample and innovative dessert were developed. The conclusions about the expediency of using new fruit and berry raw materials in sweet dishes are made.

Key words: dessert, dish, model, sample, quality.

Сімахіна Г.О.

Національний університет харчових технологій

Науменко Н.В

Національний університет харчових технологій

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ТРАВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Зацікавлення траволікуванням у сучасних умовах дедалі більше розповсюджується у країнах Америки та Європи. Ця тенденція є наслідком погіршення екологічної ситуації у світі, що зумовило зростання популярності нетрадиційних методів лікування з використанням натуральних засобів, передусім трав. У роботі на основі літературних даних та власних досліджень з'ясовано перспективність використання лікарських трав для профілактики і лікування хвороб, а також під час виробництва харчових продуктів; наведено характеристики дикорослої та синантропної рослинності, поширеної в Україні. Відомо, що всі біологічно активні речовини (БАР), необхідні для нормальної життєдіяльності організму, надходять переважно з їжею, лікарськими травами і засвоюються в результаті їх біотрансформації, перетравлювання та всмоктування. Перетворюючись у процесах метаболізму на структурні та функціональні елементи клітин організму, БАР забезпечують його фізичну та розумову витривалість, визначають стан здоров'я та працездатність. Нестача в раціоні тих чи тих БАР неминуче призводить до негативних наслідків.

Тому перед харчовими галузями промисловості постали принципово нові завдання, які не можна вирішити простим кількісним нарощуванням обсягів виробництва харчових продуктів, оскільки вони вимагають якісно нових підходів. У зв'язку із цим першочергового значення набуває необхідність широкого використання під час розроблення продуктів і раціонів харчування біологічно активних речовин лікарських трав на основі останніх досягнень у галузі медицини, біології, екології та харчових технологій. Споріднені до організму людини біологічно активні речовини лікарських трав, входячи до складу легкодоступних і засвоюваних організмом харчових комплексів, є найважливішою ланкою будови й ефективного функціонування систем організму людини, в тому числі антиоксидантного захисту.

Ключові слова: лікарські трави, біокомпоненти, рослинність, антиоксидантний захист, біофлавоноїди.

Постановка проблеми. Основними рослинними матеріалами, які вживаються і як харчові, і як лікувальні засоби, поряд з овочами, ягодами, фруктами, листовою зеленню, є лікарська та пряно-ароматична сировина, а також дикорослі ягоди. Використання лікарських рослин у виробництві харчових продуктів масового та спеціалізованого харчування широко впроваджується зараз у Японії, США, Канаді, країнах близького зарубіжжя. Уже стало традицією застосовувати, наприклад, у кондитерській промисловості різні напівфабрикати фруктових-ягідних та лікарських рослин, а в останні роки з'явилося багато розробок виробів із використанням лікарських трав – женьшеню, ромашки, календули тощо в різних агрегатних станах (порошки, водні, спиртові, ефірні екстракти, пюре) для збагачення різноманітних харчових середовищ [1].

Створення нових харчових продуктів, які мають, на відміну від традиційних, цільове при-

значення завдяки використанню природних функціональних збагачувачів, дає можливість запобігти та відкорегувати наслідки багатьох хвороб цивілізації, а також розробляти широкий спектр продуктів для спецконтингентів [2].

Одним із найбільш перспективних джерел природних біологічно активних речовин є лікарська сировина, яку доцільно розглядати і в якості фізіологічно активної добавки, і як багатофункціональний рецептурний компонент, який дає можливість значно поліпшити органолептичні, харчові та споживчі характеристики готових продуктів та напоїв [3]. Сировинні матеріали застосовують у формі водних та водно-спиртових екстрактів, згущених та пастоподібних концентратів, порошків, CO₂–екстрактів, ефірних олій тощо.

В Україні лікарської сировини заготовляють близько 200 тис. тонн за рік, і вона переважно йде на експорт [4]. На жаль, в останні роки лікарську сировину у харчових технологіях значно витіс-

нили штучні харчові добавки, здебільшого шкідливі для організму людини. Ферментна система не придатна для їх перетравлення, вони важко виводяться з організму і накопичуються у вигляді алергенів [5]. Тому використання лікарських трав та пряно-ароматичної сировини у харчовій промисловості має стати предметом досліджень як науковців, так і практиків та із часом повністю замінити синтетичні добавки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний фахівець у сфері харчових технологій має знати хімічний склад, біологічну цінність, лікувально-профілактичний вплив різних видів лікарських трав та пряно-ароматичної сировини, а також різноманітних фітодобавок на їхній основі (екстрактів-антиоксидантів, ефірних олій тощо); також розумітися на їх раціональному переробленні і правильному використанні як для профілактики хвороб, так і у харчових технологіях.

Такі знання необхідні для формування індивідуальної системи оздоровлення [6]; для конструювання і виробництва нових харчових продуктів, конкурентоздатних як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках; для створення оригінальних кулінарних виробів.

Лікарська і пряно-ароматична сировина містять у досить значних кількостях широкий спектр біологічно активних речовин, здатних справляти різнобічний вплив на всі функції та системи організму людини. Наприклад, підвищувати захисні сили організму до впливу різних ушкоджуючих чинників (малих доз радіоактивного опромінення, стресів, руйнівної дії вільних радикалів, фізичних та психоемоційних перевантажень, неспецифічних інфекційних хвороб тощо), справляти антиоксидантну, загальнозміцнюючу дію. Причому концентрації таких сполук у даних рослинних матеріалах значно вищі, ніж у традиційній сільськогосподарській сировині [7]. Шляхом використання лікарських рослин можна, наприклад, вирішити проблему отримання різноманітних природних барвників для харчової промисловості [8], насамперед каротиноїдів [9]. Саме каротиноїди мають широку гаму відтінків, тому їх застосування для забарвлення харчових продуктів дозволяє не лише поліпшити зовнішній вигляд, а й підвищити харчову та біологічну цінність виробів. Екстракти каротиноїдів можна використовувати у хлібопекарському виробництві, отриманні соків та безалкогольних напоїв, молочних продуктів, кондитерських виробів [10]. А біофлавоноїди, які містяться у різних кількостях практично в усіх видах лікарських рос-

лин, справляють нормалізуючу дію на капіляри організму людини з підвищеною проникністю, беруть участь у регулюванні окислювально-відновних процесів, стабілізують клітинні мембрани, справляють лікувально-профілактичну дію при ряді захворювань [11].

У зв'язку із цим сьогодні можна знайти багато медичних рекомендацій щодо доцільності і перспектив використання лікарської і пряно-ароматичної сировини як із лікувальною метою, так і у виробництві харчових продуктів.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз сучасних даних наукових шкіл щодо доцільності застосування у харчовій промисловості лікарських трав для отримання продуктів лікувального і профілактичного призначення. В основу методологічної бази цього дослідження покладено методи наукового пізнання, системного підходу, узагальнення праць зарубіжних і вітчизняних учених у даному напрямі.

Виклад основного матеріалу. У Державній програмі, присвяченій «Основним напрямом охорони здоров'я населення у зв'язку з аварією на ЧАЕС», важлива роль відводиться використанню у харчуванні та виробництві нових продуктів нетрадиційних джерел біологічно активних речовин із лікарської та пряно-ароматичної сировини. Ця сировина представлена дикорослими та культивованими лікарськими, пряно-смаковими, пряно-ароматичними рослинами, а також дикорослими ягодами. Для позначення такої сировини використовують термін «лікарсько-технічна рослинна сировина (ЛТРС)». Її називають також нетрадиційною (НЛТРС), щоб розмежувати з традиційною рослинною сировиною – фруктами, ягодами, овочами, зерновими [4].

Лікарсько-технічна рослинна сировина в Україні використовується в харчовій промисловості поки що в дуже обмежених кількостях – в основному під час виробництва алкогольних та безалкогольних напоїв, створення дієтичних добавок антиоксидантної, імуномодулюючої дії тощо. Дикорослі ягоди, які входять до зазначеної групи, відзначаються від культивованих вищим вмістом біологічно активних речовин, особливо вітамінів. Це шипшина, обліпіха, чорноплідна горобина, журавлина, калина, чорниця тощо [12].

Зважаючи на біохімічний склад, різнобічну позитивну дію компонентів НЛТРС, у харчовій промисловості можна використовувати більшість представників цієї групи рослин, які відносяться до фармакопейних, тобто дозволених до використання Міністерством охорони здоров'я України.

Медицина та мікробіологічна промисловість застосовують понад 200 різних видів дикорослих і культивованих рослин. Лікарські препарати, виготовлені на їхній основі, складають понад 50% від загального об'єму цієї продукції в Україні. Із загальної кількості НЛТРС, що заготовлюється в Україні (понад 100 тис. т/рік), дикоросла частина складає близько 60%. Сюди входять такі широко розповсюджені види рослин: кульбаба, спориш, подорожник, материнка, чебрець, полин тощо [13].

Деякі види дикорослих лікарських рослин є єдиними рослинними джерелами, оскільки культивованих аналогів поки що немає. Це адоніс весняний, софора, елеутерокок, аралія маньчжурська, брусниця, солодка уральська, айр болотяний, левзея [14]. Інші види лікарсько-технічної сировини культивують в основному на загальних станціях або у приватних фірмах. Щорічно заготовляють близько 50 тис. тонн сировини з понад 60 видів рослин. Найбільшу масову частку складають м'ята перцева, меліса лимонна, коріандр, кмин, любисток, шавлія лікарська, корінь цикорію, ромашка, женьшень, шипшина, глід, гірчиця, ревінь тощо [15].

Лікарсько-технічна рослинна сировина цінна передусім розмаїттям біологічно активних речовин. Кожна рослина містить сотні органічних та неорганічних сполук, які є або складовою частиною клітини (білки, нуклеїнові кислоти, амінокислоти, вуглеводи, вітаміни тощо), або її структурними елементами (лігнін, целюлоза та її похідні). Це можуть бути первинні поживні речовини (крохмаль, цукри, білки, олії) та вторинні метаболіти (алкалоїди, глікозиди, ефірні олії тощо), які накопичуються в різних органах (стеблах, листках, квітках, плодах, коренях) нерівномірно. Їхня кількість залежить від кліматичних чинників (вологи, тепла, температурного режиму), фаз вегетації. Сполуки, що є продуктами життєдіяльності рослин і мають фармакологічні властивості, складають важливу групу – біологічно активні речовини (БАР). Від їхньої наявності і кількості залежать цілющі властивості рослин [3].

Вивчення хімічної будови і властивостей біологічно активних речовин розпочалося наприкінці XVII ст., коли з рослин було виділено спочатку алкалоїди, згодом серцеві глікозиди, сапоніни, антрахінони, терпеноїди, ефірні олії. Зараз відомо декілька десятків груп і безліч індивідуальних сполук, що мають виражену фармакологічну дію. Таким чином, поняття «діючі речовини» не завжди можна ототожнювати з якимось одним компонентом чи однією групою, зазвичай це комплекс речо-

вин діючих і супутніх. У флорі України фармакологічно активними визначено близько 1000 видів рослин, тобто кожний четвертий-п'ятий вид. Але своєї черги очікує решта потенційно лікарських рослин [12].

Поява і збільшення синтетичних ліків, що переважно моделюють природні лікарські речовини і є їхніми хімічними аналогами, не зменшили ролі лікарських рослин. Так, наприклад, природні серцеві глікозиди складають 80% усіх кардіотонічних ліків. Крім цього, встановлено, що ліки рослинного походження краще, ніж синтетичні, сприймаються організмом людини, у більшості своїй не виявляють токсичної дії, впливають на організм м'яко і стійко [3; 12; 13].

Лікарські рослини застосовуються для лікування хвороб людини і тварин безпосередньо чи є сировиною для хіміко-фармацевтичної промисловості [16]. Із 100 тис. відомих у світі лікарських засобів близько 30 тис. виготовляють із рослин [17]. За даними ВООЗ, у 73 найбільш розвинених державах світу використовуються з лікувальною метою 10 тис. видів рослин. Вчені відкривають нові групи БАР, розширюють номенклатуру відомих груп, знаходять нові напрями дії відомих речовин, відкривають можливості комплексного використання всієї рослини та її речовин. Багато рослинних сполук виявили здатність до синергічної дії.

Дані про хімічний склад рослин мають також важливе значення у рослинництві. Вичерпні знання будови, складу й фізіології рослин, технології вирощування, методів аналізу визначають етапи одержання повноцінної лікарської рослинної сировини, а також у подальшому – лікарських препаратів і функціональних збагачувачів для харчових середовищ.

Лікарська та пряно-ароматична сировина є дикорослою та культивованою. Із точки зору ботаніки, дикорослі належать до природної рослинності, а культивовані – до синантропної (антропогенної) [12].

Природна рослинність розвивається самовідновленням за природними законами та дією фізико-географічних чинників без будь-якого втручання людини в її генезис та динаміку, а в разі її участі одні фітоценози не знищують існуючих і не створюють на їх місці нових. Природна рослинність є найбільш адаптованою до сучасних умов навколишнього середовища і утворює найбільш стійкі флороценотичні комплекси. Це сприяє збереженню біорізноманіття, підтримує рівновагу у співвідношенні природної і синан-

тропної рослинності та екологічну рівновагу біосфери у цілому [14].

На планеті залишилось зовсім небагато регіонів, які б не зазнали антропогенного впливу: людина заготовляє лікарські рослини; збирає гриби і ягоди; випасає худобу; полює на диких тварин; відпочиває і розважається на лоні природи. При цьому антропогенний чинник впливає на флору, природну рослинність, але не порушує закономірності розвитку природи [18].

Синантропна, або антропогенна рослинність виникає на певній території винятково під впливом діяльності людини у зв'язку з порушенням природних закономірностей, запровадженням та підтриманням у культурі нових форм рослин і утворюваних ними рослинних угруповань, а також появою супровідних видів. До них належать аборигенні види природної флори, які з'явилися там, де вони виникли в процесі еволюції, та адвентивні види, які з'явилися і самостійно поширилися в даній флорі під час цілеспрямованої або випадкової діяльності людини. Синантропна рослинність набуває планетарного поширення та все зростаючого різноманіття. Людина використовує, трансформує місцеву рослинність, збагачує її шляхом введення в культуру інтродукованих видів рослин.

Уже зазначали, що основна цінність лікарських рослин визначається їхнім різноманітним біохімічним складом, кожен компонент якого впливає на певні органи та системи, нормалізуючи діяльність організму людини.

Серед цих біокомпонентів надзвичайної великої уваги заслуговує група біофлавоноїдів. Комплекси природних антиоксидантів лікарських рослин здатні підтримувати захисні функції антиоксидантної системи організму людини, посилювати її можливість контролювати та інгібувати всі етапи вільноради-

кальних реакцій, запобігати надлишковому синтезу вільних радикалів, підтримувати незмінність структури генетичного матеріалу і складових компонентів мембран [19]. Це визначається їхньою здатністю переходити з окислених форм у відновлені (з хінонних – у фенольні), що зумовлює участь в окисно-відновних реакціях вільнорадикальних процесів.

Для з'ясування кількісного і якісного співвідношення біофлавоноїдів у різних видах лікарських рослин на кафедрі технології оздоровчих продуктів було проведено відповідні дослідження з вилучення біофлавоноїдів у водно-спиртові екстракти. В якості предметів дослідження обрано такі рослинні матеріали: кропива дводомна (*Urtica*), листя буряку звичайного (*Beta vulgaris*), материнка звичайна (*Origanum vulgare*), меліса лікарська (*Melissa officinalis*), м'ята перцева (*Mentha piperita* L.), перець (*Piper*), чабер духмяний (*Satureja hortensis*), шавлія лікарська (*Salvia officinalis*), ягоди та листя бузини чорної (*Sambucus nigra*), лист смородини чорної (*Ribes nigrum*), трава звіробою (*Hypericum perforatum* L.), бруньки берези повислої (*Betula pubescens*), квітки ромашки (*Chamomilla recutita*), трава череди (*Bidens tripartita* L.), листя шавлії (*Salvia*), трава кропиви собачої (*Herba leonuri*), кора дуба (*Quercus robur*), квітки цмину (*Helichrysum arenarium* L. Moench.), квітки нагідок (*Calendula officinalis* L.). За ступенем вилучення біофлавоноїдів із досліджуваної сировини водно-спиртовими розчинами трави розмістили в такій послідовності (таблиця 1).

Із наведених даних зрозуміло, що використання водно-спиртових розчинів дає можливість досягти високого ступеню переходу біофлавоноїдів в екстракт і, наприклад, для трави звіробою цей показник становить до 85%, хоча для бруньок берези він склав лише 24,62%.

Таблиця 1

Ступінь вилучення біофлавоноїдів із лікарської сировини

Найменування сировини	Вміст СР, %	Оптична густина, од. опт. густ.	Вміст біофлавоноїдів, мг%		Ступінь вилучення біо-флавоноїдів, %
			у сировині	у настоянках	
1. Трава звіробою	2,8	0,38	3,890	3,286	84,48
2. Листя м'яти	4,0	1,68	1,281	0,885	69,06
3. Квіти цмину	2,0	0,49	1,685	1,159	68,81
4. Трава череди	3,6	1,53	1,470	0,996	67,74
5. Листя шавлії	3,3	1,42	0,634	0,409	64,62
6. Квіти бузини чорної	4,0	1,88	2,638	1,702	64,52
7. Квіти нагідок	3,2	1,72	2,980	1,175	39,44
8. Кора дуба	2,0	0,99	0,404	0,159	39,32
9. Квіти ромашки	3,8	1,44	0,472	0,139	29,46
10. Трава кропиви собачої	3,8	1,44	0,462	0,132	28,63
11. Бруньки берези	1,7	0,47	0,825	0,203	24,62

Висновки. Успішне функціонування системи антиоксидантного захисту організму людини є необхідною передумовою цілісності найважливіших субклітинних біоструктур – мембран і ядерного геному, що лежать в основі забезпечення здорового, активного, творчого довголіття. Інтерес до лікарських рослин, їхнього біокомпонентного складу,

біологічної дії викликаний їх широким, практично необмеженим поширенням на планеті, що зумовлює доцільність використання таких матеріалів у харчовій промисловості під час виробництва оздоровчих харчових продуктів, дієтичних добавок, напоїв підвищеної біологічної цінності та інших складових необхідного раціону харчування людини.

Список літератури:

1. Фалькович Б.А., Магомедов Г.О., Мирошникова Т.Н. Полуфабрикаты лекарственных трав для кондитерской промышленности. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2001. № 3. С. 56–58.
2. Сімахіна Г.О., Халапсіна С.В. Біокомплекс дикорослої сировини як компонент функціональних продуктів для спецконтингентів. *Харчова промисловість*. 2016. № 19. С. 25–30.
3. Формазюк В.И. Энциклопедия пищевых лекарственных растений. Киев: А. С. К., 2003. 792 с.
4. Товароведение и инновационные технологии переработки лекарственно-технического растительного сырья: уч. пособие / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарская, В.В. Яницкий и др. Харьков : ХГУПТ, 2013. 429 с.
5. Гігієна харчування з основами нутриціології: підручник / В.І. Ципріян та ін. Київ : Здоров'я, 2007. 565 с.
6. Конышев В.А. Питание и регулирующие системы организма. Москва: Медицина, 1985. 224 с.
7. Середа П.І., Максютіна Н.П. Фармакогнозія. Лікарська і рослинна сировина та фітозасоби. Вінниця : Нова книга, 2006. 347 с.
8. Сімахіна Г.А. Получение пищевых красителей из зеленой массы растений. *Цукор України*. 2012. № 2. С. 36–44.
9. Сімахіна Г.О. Функціональна роль каротиноїдів та особливості їх використання у харчових технологіях. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2010. № 33. С. 45–48.
10. Касумов М.А. Натуральный желтый краситель из цветков сафлора. *Пищевая промышленность*. 2015. № 3. С. 37–42.
11. Левицкий А.П. Биофлавоноиды как модуляторы эстрогенной и остеогенной активности. *Вісник фармакології та фармації*. 2004. № 2. С. 2–4.
12. Сербін А.Г., Сіра Л.М., Слободянюк Т.О. Фармацевтична ботаніка: підручник. Вінниця : Нова книга, 2007. 488 с.
13. Кобзар А.Я. Фармакогнозія в медицині: навч. посібник. Київ : Медицина, 2007. 544 с.
14. Данилишин Б.М., Дорогунцов С.І., Міщенко В.С. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України. Київ : РАПС України, 1999. 716 с.
15. Мінарченко В.М., Шураєва Т.К. Правові основи використання та охорони природних рослинних ресурсів України. *Фітотерапія в Україні*. 2000. № 1. С. 45–50.
16. Іванова В.Д., Сімахіна Г.О. Технологія природних вітамінів : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2016. 343 с.
17. Южаков С.Д. Современные лекарственные средства: словарь-справочник. Москва : ЭКСМО, 2008. 640 с.
18. Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. Москва : Медицина, 2008. 256 с.
19. Gordon, M.H., Ail, J. Antioxidant activity of flavonoids isolated from licorice. *Int. News Fats, Oils and Relat. Mater.* 1994. № 4. P. 519–577.

Simakhina G.O., Naumenko N.V. THE EXPEDIENCE OF USING THE HERBS IN FOOD INDUSTRY

The interest to healing with herbs in today's life grows higher in America and Europe. This tendency is the consequence of worsening of the ecological situation in the entire world, which conditioned the growth of popularity of non-traditional therapeutic methods with the use of natural remedies, the herbs first of all. This article represents the analysis of the literary sources and the results of authors' own researches, aimed at elucidation of the perspectives to use the herbs for prevention and treatment of diseases, and also for production of foodstuffs. The characteristics of both wild and cultural plants spread in Ukraine are represented. There is well-known that all the biologically active substances (or BAS) necessary for the normal activity of the human organism are inputted mostly with food and herbs and thereafter processed by biotransformation, digestion, and absorption. Upon transforming into structural and functional elements of cells during metabolic processes,

BAS provide the organism with physical and mental stamina; define the state of health and workability. The lack of the certain BAS in the individual diet can inevitably cause the negative consequences.

Therefore, the food branches of industry face the principally new tasks that cannot be solved by simple gains of the food production volumes, as this problem needs the qualitatively new approach. In connection with this, the necessity to use widely the BAS of the herbs in designing the foodstuffs recipes and diets grows higher. The latest achievements in the fields of medicine, biology, ecology and food technologies have to be applied. Akin to human organism, the BAS of the herbs are the part of easily absorbed food complexes and therefore the main component of the construction and effective functioning of human organism systems, particularly the antioxidant protection system.

Key words: *herbs, bopcomponents, flora, antioxidant protection, bioflavonoids.*

Скульська І.В.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Цісарик О.Й.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БРИНЗИ

У статті досліджені основні технологічні операції виготовлення розсільного сиру бринза, яка виготовлена з коров'ячого молока. Також встановлені основні технологічні рішення для забезпечення підвищення якісних показників сиру завдяки можливості вдосконалення деяких технологічних операцій, а саме операції соління шляхом зниження вмісту кухонної солі у бринзі за рахунок часткової її заміни хлоридом калію в кількості 20 та 30%. Оскільки вміст кухонної солі знижується до мінімального значення, яке передбачене чинною нормативною документацією (4%), то для забезпечення довготривалого зберігання бринзи використано бактеріальний препарат прямого внесення – *Fresh-Q* (*L. rhamnosus*) (виробництва біотехнологічної компанії «Chr. Hansen, Україна»), який згубно діє на розвиток дріжджів і плісені.

Таким чином, виготовлено 6 зразків сиру бринза із частковою заміною кухонної солі хлоридом калію і застосуванням бактеріального препарату прямого внесення – *Fresh-Q*: К – контрольний зразок із використанням хлориду натрію; Д1 і Д2 – бринза, що виготовлена з 20 і 30% заміною хлориду натрію хлоридом калію відповідно; КФ – бринза, що виготовлена з використанням хлориду натрію та бактеріального препарату *Fresh-Q*; ДФ1 і ДФ2 – бринза, що виготовлена з 20 і 30% заміною хлориду натрію хлоридом калію відповідно та використанням *Fresh-Q*.

У результаті проведених досліджень встановлені оптимальні режими соління та визрівання, про що свідчить якість та тривалість згортання, синергетичні властивості згустку, швидкість просоловання брусків сиру та, як наслідок, органолептичні показники бринзи: смак у міру солоний; запах чистий, кисломолочний, властивий коров'ячому молоку; консистенція пружна, ламка, але не крихка; колір – білий, злегка із кремовим відтінком; кірка відсутня. Тривалість просоловання брусків сиру розміром 5×7 см у розсолі з концентрацією кухонної солі 18% становить 4 години.

Використання бактеріального препарату *Fresh-Q* подовжує термін зберігання бринзи загалом на 10 діб, що, безперечно, доводить доцільність його використання в технології виготовлення бринзи.

Оскільки бринза містить мінімально допустимий вміст солі – 4%, то рекомендується вживати її як компонент безлічі страв людям різних вікових категорій.

Ключові слова: розсільний сир, бринза, кухонна сіль (хлорид натрію), хлорид калію, розсіл, бактеріальний препарат, соління, дозрівання, зберігання.

Постановка проблеми. В Україні особливо швидко зростає інтерес до розсільних сирів. Сьогодні це один із сегментів, який найбільш динамічно розвивається і займає особливу нішу в сироварній галузі. Зокрема, популярним в Україні є сир бринза. Цей сир, як окрема закуска або інгредієнт для салатів, вважається одним із головних атрибутів європейської кухні [1, с. 26; 2, с. 19].

Цієї осені бринза отримала відзнаку «продукт особливого географічного зазначення». Ще жоден український продукт харчування до цього часу не отримував подібних «титулів».

Для того, щоб продукт був конкурентоспроможним, при цьому не втративши своєї самобутності, технологія виготовлення повинна постійно удосконалюватись. Для бринзи – традиційного

карпатського сиру, проблема полягає саме у високому вмісті кухонної солі. Споживати багато солі – шкідливо, і, ми прекрасно це розуміємо, але продовжуємо їсти багато солених продуктів. Добова норма споживання солі 5-6 г. Тому пропонуємо знизити вміст кухонної солі у бринзі шляхом часткової її заміни хлоридом калію.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вплив часткової заміни кухонної солі вивчали вчені США та Австралії, проте їхні дослідження стосувалися твердих сирів. Наприклад, дослідженнями розсільного сиру Nabulsi, що визрівав у сольових розчинах з заміною NaCl на KCl, показано, що часткова заміна (3:1) істотно не впливає на хімічний склад або текстуру сиру, при цьому протеолітична активність залишається незмін-

ною в сольових розчинах із більшою кількістю КСІ порівняно з контрольними сирами. Важливо відзначити, що дифузія КСІ в сир відбувалася швидше, ніж NaCl, що пояснюється значно меншим розміром кристалів КСІ [3, с. 2745].

Результати досліджень реологічних показників вказують на те, що заміна солі впливає на твердість, пружність сиру під час розжовування в кінці терміну визрівання. Вказані показники погіршуються у випадку більшої заміни. Подібні результати були отримані від Parademas і Robinson, які виявили, що структура сиру Halloumi дещо погіршилася в кінці визрівання [4, с. 1143].

Таким чином, єдиної думки не існує, тому дослідження бринзи у цьому напрямку повинні бути продовженими.

Постановка завдання. Традиційно бринза виготовляється з овечого, коров'ячого молока та їх суміші і містить 4...7% кухонної солі. Основним завданням було знизити вміст кухонної солі у бринзі шляхом часткової її заміни хлоридом калію. Дослідним шляхом було встановлено максимально допустимий відсоток заміни (20 та 30%), який жодним чином не позначився на органолептичних показниках. Для подовження терміну зберігання бринзи використано бактеріальний препарат Fresh-Q (виробник: біотехнологічна компанія Chr. Hansen, Україна), який згубно впливає на розвиток дріжджів і плісені. Препарат являє собою монокультуру *L. rhamnosus*.

Виклад основного матеріалу досліджень. Було виготовлено 6 зразків сиру бринза з коров'ячого молока, в якому 20 і 30% хлориду натрію було замінено на хлорид калію: К – контрольний зразок із використанням хлориду натрію; Д1 і Д2 – бринза, що виготовлена з 20 і 30% заміною хлориду натрію хлоридом калію відповідно; KF – бринза, що виготовлена з використанням хлориду натрію та бактеріальним препаратом Fresh-Q; ДФ1 і ДФ2 – бринза, що виготовлена з 20 і 30% заміною хлориду натрію хлоридом калію відповідно та використанням Fresh-Q.

Виготовлено бринзу за класичною технологічною схемою, тому режими технологічних операцій не потребували коректування. Виняток становить операція соління, оскільки використано хлорид калію, яким замінено хлорид натрію у кількості 20 та 30%. Окрім того, після засолування бринзи до масової частки солі 4% розсіл замінено ізотонічним розчином кухонної солі і хлориду калію концентрацією 4% (із врахуванням заміни) для забезпечення постійного значення солі протягом визрівання.

Оскільки під час виготовлення розсільних сирів, зокрема бринзи, всі процеси тісно пов'язані, то зміна будь-якого з технологічних параметрів спричинює зміни перебігу виробництва та якості сиру. Від правильного вибору режимів соління і визрівання та їх тривалості залежить активна кислотність сирної маси, її вологість, вихід сиру і, відповідно, якість готового продукту [5, с. 23].

Для перероблення використовували коров'яче молоко вищого гатунку. Використання саме цього виду молока здешевить виготовлення бринзи, оскільки вартість овечого молока значно вища.

Під час виготовлення бринзи використано невисоку температуру пастеризації молочної суміші (73 ± 1) °С з витримкою 15...20 С. Використання саме такого режиму пастеризації дозволить забезпечити необхідні синергетичні властивості сичужного згустку та структурно-механічні властивості (твердість, жуйність, гумуватість, когезивність, пружність) виготовлених із них білкових продуктів [6, с. 270].

Згідно з дослідженнями Ланженко [7, с. 14, 8, с. 12] використання більш жорстких режимів пастеризації молока сприяє підвищенню виходу цільового білкового продукту, що пояснюється залученням до складу білкового продукту денатурованих сироваткових білків. Однак зразки з температурою пастеризації (90 ± 1) °С і витримкою 5 хв мають нижчий вихід сиру, ніж зразки з температурою пастеризації (90 ± 1) °С і витримкою 20 с, що пояснюється утворенням більшої кількості казеїнового пилу, який переходить до сироватки, за умов тривалої витримки.

Після пастеризації молочну суміш слід охолодити до температури зсідання, яка становить (33 ± 1) °С, і додати необхідні компоненти: бактеріальну закваску, ферментний препарат, хлористий кальцій та бактеріальний препарат, що пригнічує розвиток дріжджів та плісені.

У розрахунку на 1000 л молока необхідно використати: 35,7 г бактеріальної закваски RSF-742; 10 г ферментного препарату CHY-MAX; 30 г бактеріального препарату Fresh-Q; 100 г хлористого кальцію.

Після внесення усіх необхідних компонентів молочну суміш слід ретельно перемішати протягом 10...12 хв. та здійснити зсідання казеїнів при температурі (33 ± 1) °С, контролюючи зміну рН до значення 5,3 од.

На рис. 1 відображено зміну активної кислотності під час зсідання молочної суміші. Процес зсідання молочних сумішей супроводжувався зниженням показника активної кислотності, що проявлялось інтенсивніше для зразка KF.

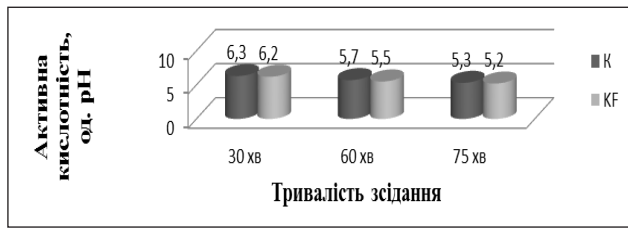


Рис. 1 Зміна активної кислотності нормалізованої суміші протягом з'єднання

Після досягнення потрібної кислотності згустку його розрізано на кубики розміром 1×1×1 см і залишено у спокої на 12...15 хв. для відділення сироватки. Готовий згусток, що після розрізання опустився на дно сироробної ванни, подано на самопресування, яке, зазвичай, триває 12 год та пресування 2...3 год. Відпресований пласт сиру товщиною 5...7 см розрізано на квадрати розміром 5...7 см² і залито попередньо приготвленим розсолем (водний розчин кухонної солі) з концентрацією солі 18%.

На рис. 2. представлено результати досліджень синергетичних властивостей сичужних згустків, отриманих з'єднанням нормалізованої суміші з використанням бактеріальної культури RSF-742.

Невід'ємною складовою частиною технологічного процесу виготовлення бринзи є соління. Сіль надає готовому продукту усі задані смакові властивості, забезпечує біохімічні, фізико-хімічні про-

цеси та органолептичні показники сиру; контролює мікробіологічні процеси.

Під час соління сиру одночасно відбуваються два взаємозумовлені і протилежно направлені фізико-хімічні процеси: дифузія солі у сир за рахунок різниці масових часток солі у розсолі та сирній масі; осмотичне перенесення сироватки у розсіл за рахунок різниці осмотичних тисків у розсолі і сирній масі [8, с. 14]. Від тривалості соління залежить ступінь насиченості сіллю сирного пласта та подальший перебіг біохімічних та фізико-хімічних процесів під час визрівання. Зі збільшенням тривалості соління процес дифузії солі у центр головки сирів інтенсифікується. Найшвидше просолюється верхній шар сиру, найповільніше – центральний.

Для засолювання брусків сиру використано 18% розчин кухонної солі і хлориду калію у певних співвідношеннях. У перерахунку на 1 дм³ розсолу було взято 180 г кухонної солі для контрольного зразка; для зразків Д1 і ДФ1 20% хлориду натрію було замінено хлоридом калію (144 г хлориду натрію+36 г хлориду калію); для зразків Д2 і ДФ2 30% хлориду натрію було замінено хлоридом калію (126 г хлориду натрію+54 г хлориду калію).

Щоб забезпечити рівномірне просолювання усього бруска сиру, його необхідно повністю занурити в розсіл. Температура розсолу повинна становити 10...12 °С. У такому разі швидкість дифу-

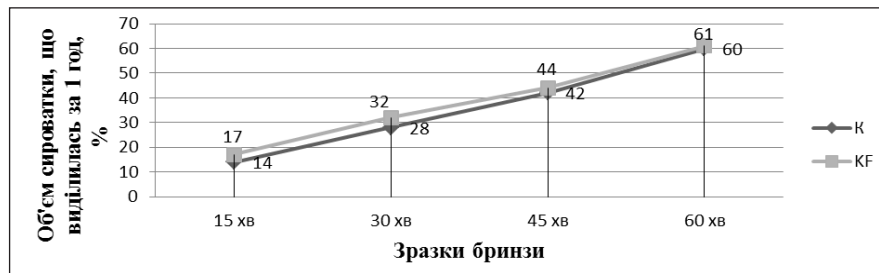


Рис. 2. Синергетичні властивості згустків (температура з'єднання – (33±1) °С)

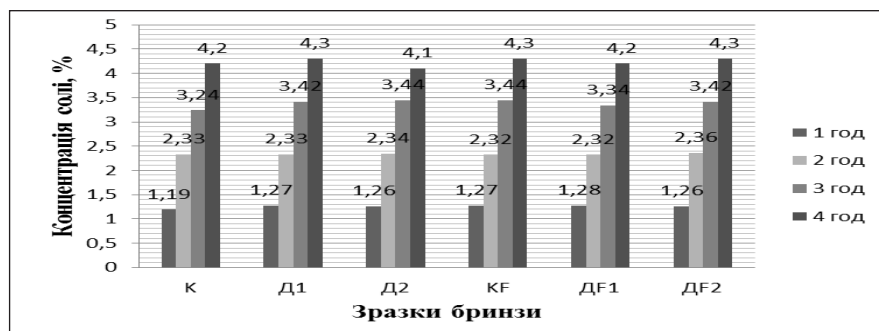


Рис. 3. Зміна концентрації кухонної солі під час соління бринзи з коров'ячого молока

зії солі в сир та осмотичне перенесення вологи з розсолу у сир досягне максимального значення.

Згідно із проведеними експериментальними дослідженнями для засолювання бринзи, товщина бруска якої становить 5...7 см, достатньо 4 годин.

На рис. 3 наведено дані щодо швидкості просолювання брусків бринзи з коров'ячого молока.

Після засолювання бринзу виймають і занурюють у розсіл, який є ізотонічним розчином кухонної солі та хлориду калію з відповідним відсотком заміни. Оскільки масова частка солі у продукті уже становить 4%, то і розсіл готується відповідної концентрації. У перерахунку на 1 дм³ розсолу використовуємо 40 г кухонної солі для контрольного зразка; для зразків Д1 і ДФ1 20% хлориду натрію було замінено хлоридом калію (32 г хлориду натрію+8 г хлориду калію); для зразків Д2 і ДФ2 30% хлориду натрію було замінено хлоридом калію (28 г хлориду натрію+12 г хлориду калію). Це забезпечить підтримку необхідного вмісту солі у продукті впродовж усього терміну визрівання та зберігання. Температура розсолу – 10...12 °С. Після цього бринза у розсолі повинна визрівати протягом 20 діб за температури 6...8 °С.

Правильний вибір режиму визрівання сприяє не тільки активізації ферментативних процесів, а й поліпшенню органолептичних показників сиру.

Існує тісний взаємозв'язок між властивостями сирної маси, зокрема вологістю, вмістом солі та вмістом молочнокислої мікрофлори і продуктів їх життєдіяльності (нагромадження вільних амінокислот) [2, с. 20].

Режими визрівання сирів досліджуваних груп вплинув не тільки на життєдіяльність мікрофлори заквашувальних препаратів, а й на біохімічні перетворення і фізичні властивості сирної маси. Це істотно відображається на формуванні органолептичних показників бринзи із заміною кухонної солі хлоридом калію у кількості 20 та 30%.

Виготовлені зразки сирів наприкінці визрівання відзначалися добрими органолептичними показниками, що характерні для розсільних сирів. Зокрема, слід виокремити приємний смак і аромат, пластичну консистенцію.

Бринзу слід зберігати у холодильниках, холодильних камерах або у спеціальних приміщеннях за відносної вологості повітря не більше ніж 85% протягом 60 діб, враховуючи 20 діб визрівання.

У табл. 1 відображено результати органолептичної оцінки бринзи з коров'ячого молока. Зовнішній вигляд та консистенція усіх зразків бринзи є подібними. Колір бринзи з коров'ячого молока – білий, злегка із кремовим відтінком. Щодо смаку, то бринза, виготовлена з використан-

Таблиця 1

Органолептичні показники бринзи за часткової заміни хлориду натрію хлоридом калію на 45 добу зберігання

Зразок	Смак і запах	Консистенція	Рисунок	Колір	Зовнішній вигляд
К	Запах кислий, злегка дріжджевий	Однорідна, ламка	3 поодинокими вічками	Білий, злегка кремовий	Поверхня із проявами плісені.
Д1	Запах кислий, дріжджево-йодистий	Однорідна, ламка	3 поодинокими вічками неправильної форми	Білий, однорідний за всією масою	Поверхня з незначною плісенню, без кірки. Незначна деформація головки.
Д2	Запах кислий, дріжджево-йодистий	Однорідна, ламка.	3 поодинокими вічками неправильної форми	білий, однорідний за всією масою	Поверхня з незначною плісенню. Кірка відсутня. Незначна деформація головки
КФ	Запах кисломолочний, без присмаків і запахів	Однорідна, ламка	3 поодинокими вічками неправильної форми	білий, однорідний	Поверхня чиста, з відбитками серветки. Кірка відсутня.
ДФ1	Запах кисломолочний, без присмаків і запахів	Однорідна, ламка	3 поодинокими вічками неправильної форми	білий, однорідний за всією масою	Поверхня чиста, з відбитками серветки. Кірка відсутня. Незначна деформація головки
ДФ2	Запах кисломолочний, без присмаків і запахів	Однорідна, ламка	3 поодинокими вічками	Слабо-жовтий (коров'яча бринза), однорідний	Поверхня чиста, з відбитками серветки.

ням препарату Fresh-Q, характеризується більш вираженим вершковим присмаком, який зберігався протягом усього терміну визрівання та зберігання.

Удосконалена схема виготовлення бринзи включає в себе усі технологічні операції, характерні для виготовлення розсільних сирів за традиційною технологією: приймання та оцінка якості молочної сировини, охолодження, нормалізацію, пастеризацію нормалізованої суміші, охолодження до температури зсідання, сичужне зсідання, розрізання та оброблення сирного згустку, самопресування та пресування, соління, визрі-

вання та зберігання бринзи, однак із певними особливостями щодо бактеріальних препаратів, хімічної природи солі та її концентратів.

Висновки. Удосконалення технології виготовлення бринзи з коров'ячого молока полягає у частковій заміні кухонної солі хлоридом калію та використанні бактеріального препарату прямого внесення – Fresh-Q. За органолептичними показниками бринза повністю відповідає вимогам чинної нормативної документації.

Результати досліджень доводять доцільність застосування заміни солі і використання препарату, який подовжує термін зберігання бринзи на 10 діб.

Список літератури:

1. Сыр. Иллюстрированная энциклопедия / Авт.-сост. Свириденко Е.В. Москва : АСТ; Мн. : Харвест, 2006. 352 с.
2. Цісарик, О.Й., Скульська І.В. Удосконалення технології виробництва бринзи шляхом зменшення вмісту хлориду натрію. *Науковий вісник ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького*. 2013. Т. 15. № 3(57). С. 126–131.
3. Ayyash M. M., Shah N. P. The effect of substituting NaCl with KCl on Nabulsi cheese: chemical composition, total viable count, and texture profile. *J. Dairy Sci.* 2011. 94. P. 2741–2751.
4. Kamleh R., Olabi A., Toufeili I., Najm N. E. O., Younis T. and Ajib R. The effect of substitution of sodium chloride with potassium chloride on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of Halloumi cheese. *J. Dairy Sci.* 2012. 95. P. 1140–1151.
5. Saldamli I., Kaytanli M. . Utilisation of Fromase, Maxiren and Rennilase as alternative coagulating enzymes to rennet in Turkish White cheese. *Milchwissenschaft*. 1998. Vol. 53. P. 22–25.
6. Горбатова, К. К. Биохимия молока и молочных продуктов. Москва : Легкая и пищевая промышленность. 1984. 344 с.
7. Ланженко Л. О. Розробка технології твердого сиру функціонального призначення : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.04. Одеса, 2016. 20 с.
8. Николаева Е.А., Уманский М.С. Роль активной кислотности в формировании сыра. *Сыростроение и маслоделие*. 2006. № 6. С. 24–25.

Skulska I.V., Tsisaryk O.I. THE IMPROVEMENT OF BRYNZA PRODUCTION TECHNOLOGY

*The main technological operations of making brined cheese made from cow's milk are investigated in the article. Major technological solutions have also been set up to improve the quality of cheese due to the possibility of improving certain technological operations, namely salting operations by reducing the salt content of the cheese by partially replacing it with 20 and 30% potassium chloride. As the salt content is reduced to the minimum value stipulated by the current regulatory documentation (4%), the bacterial preparation of fresh introduction of Fresh-Q (*L. rhamnosus*) (manufactured by the biotechnological company «Chr.Hansen, Ukraine») was used to ensure the long-term storage of the cheese. which is detrimental to the development of yeast and mold.*

Thus, made 6 samples of cheese cheese with partial replacement of salt with potassium chloride and the use of the bacterial preparation of direct application Fresh-Q: K – control sample using sodium chloride; D1 and D2 are cheese made with 20 and 30% replacement of sodium chloride and potassium chloride respectively; KF – brynza made using sodium chloride and bacterial Fresh-Q; DF1 and DF2 are a cheese made with 20 and 30% replacement of sodium chloride by potassium chloride respectively and using Fresh-Q.

As a result of the conducted researches it was found that the optimum modes of pickling and maturing were selected, as evidenced by the quality and duration of coagulation, syneretic properties of the bunch, the rate of salting of the bars of cheese and, as a consequence, the organoleptic indices of the cheese: the taste is moderately salty; the smell is pure, sour milk, peculiar to cow's milk; consistency elastic, brittle but not fragile; color – white, slightly creamy; the crust is absent. The duration of the salting of 5 × 7 cm cheese bars in brine with a salt concentration of 18% is 4 hours.

The use of the bacterial preparation Fresh-Q prolongs the shelf life of the birch by a total of 10 days, which undoubtedly proves the feasibility of its use in the technology of birch making.

Because the cheese contains a minimum salt content of 4%, it is recommended to use it as a component of many dishes for people of different ages.

Key words: brine cheese, brynza, salt (sodium chloride), potassium chloride, brine, starter, maturation, storage.

УДК 621.384.3:621.791:615.462-036
DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/27>

Таланюк В.В.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

Шадрін А.О.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

Юрженко М.В.

Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України

ТЕХНОЛОГІЯ ЗВАРЮВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ МІКРОСТРУКТУРИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ БІОПОЛІМЕРУ ПГБ

Полімери, зокрема біополімери, здобувають все більш широке використання в різноманітних галузях народного господарства, а останнім часом біополімери в багатьох областях практичного застосування замінюють традиційні полімери. Проблема переробки полімерних матеріалів також може бути розв'язана шляхом проектування виробів, яке полегшуватиме їх подальшу переробку.

Проектування і вибір матеріалів мають бути реалізовані з урахуванням кінцевого етапу їх циклу життя. Тобто шляхом вказання способу розпаду, рециркулювання або утилізації. Пластмаси дозволяють створювати різноманітні форми упаковок, мають більші захисні властивості, ніж традиційні пакувальні матеріали.

Біополімери – високомолекулярні природні з'єднання, що є структурною основою всіх живих організмів і грають визначальну роль у процесах життєдіяльності.

Природні полімери, або біополімери, були розглянуті в 1940-х роках. Генрі Форд використовував ці біополімери в будівництві автомобіля. Але з відкриттям нафтохімічних полімерів їхня низька вартість замінила натуральні матеріали. Сьогодні ми стикаємося з іншою проблемою. Екологічне тиск відштовхує синтетичні або нафто-хімічно отримані продукти, в той час як економічні фактори тягнуть їх назад. Цей факт виходить з екологічно безпечних досліджень матеріалів і виробів, властивості яких виконують екологічні та економічні вимоги.

Найбільш досліджений та широко розповсюджений представник ПГА – це полігідроксібутират (ПГБ), у структурі якого радикал R являє собою метил CH_3 , а довжина вуглецевого ланцюжка мономера становить С3. Продукують ПГБ різні без'ядерні одноклітинні мікроорганізми – прокаріоти. Максимальні концентрації ПГБ для деяких видів бактерій можуть становити до 80-85% ваги.

Наявність полімеру ПГБ в клітинах дозволяє мікроорганізмам переносити несприятливі умови зростання. Бактерії розміщуються на сировині, збагаченій вуглецем, а можливості їх росту спеціально обмежуються за допомогою азоту. У цих умовах клітини за допомогою ферментів починають активно засвоювати вуглець, синтезуючи ПГБ в якості запасів енергетичного матеріалу.

Під час формування зразків відбувається перерозподіл кристалічної фази в полімері з утворенням внутрішніх напружень. Під час другого нагріву напруження релаксують – теплофізична крива зразка стає подібною до теплофізичної кривої порошку. Таким чином, ми визначали умови формування та післяформовочної обробки зразків.

Ключові слова: полімери, біополімери, ПГБ, біодеструкція, зварювання, теплофізична характеристика.

Постановка проблеми. Полімери, зокрема біополімери, здобувають усе більш широке використання в різноманітних галузях народного господарства, а останнім часом біополімери в багатьох областях практичного застосування замінюють традиційні полімери. Багато років люди використовують вживані матеріали для виробництва нових виробів. Це пов'язано з малим промисловим виробництвом. Промислова революція 19 ст.

створила можливості синтезу матеріалів і виробництва полімерів у 20 ст, також зумовила різке зростання відходів і скорочення циклу придатності продуктів. Важливим елементом розвитку полімерних матеріалів є нешкідливість сировини на кожному етапі виробництва, переробки й утилізації. У наш час щоразу більшу вагу звертають на екологічність матеріалу, зокрема на використання полімерних відходів, а також відновлюваної

сировини рослинного походження [1]. Проблема переробки полімерних матеріалів також може бути розв'язана шляхом проектування виробів, яке полегшуватиме їх подальшу переробку.

Виклад основного матеріалу. Проектування і вибір матеріалів мають бути реалізовані з урахуванням кінцевого етапу їх циклу життя. Тобто шляхом вказання способу розпаду, рециркулювання або утилізації. Частина біопохідних пластмас можуть підлягати біодеградації, тобто розпаду, протягом короткого часу. Застосування біодегратованих матеріалів – це вирішення проблем утилізації відходів швидко й екологічно. Збільшення асортименту пластмасових виробів та винаходження нових композицій для виготовлення пластмас зумовлює нагромадження великої кількості відходів як у формі вжитих виробів, так і у вигляді технологічних відходів чи упаковок. Велика кількість відходів із пластмас, а також їх різноманітність, утруднюють їх повторне використання у вигляді сировини чи матеріалів [2].

Тому виробники пластмас, які створюють або можуть створювати відходи, повинні виконувати так, щоб:

- запобігати утворенню відходів або обмежувати їх кількість і негативну дію на середовище під час виробництва виробів, під час і після завершення їх використання;
- забезпечувати відновлення згідно із принципами охорони середовища, якщо не вдалося запобігти утворенню відходів;
- забезпечувати знешкодження відходів згідно із принципами охорони середовища, утворенню яких не вдалося запобігти або не вдалося їх переробити.

До сучасних технологій, метою яких є забезпечення рециркулювання полімерних матеріалів, належать:

- матеріальна переробка матеріалів відпрацьованих виробів;
- переробка сировини термічними і хімічними методами;
- використання відходів як палива (термічна переробка);
- компостування виробів із полімерів, що деградують;
- проектування виробів, що полегшує їх подальшу переробку;
- радіаційна обробка [3].

Пластмаси дозволяють створювати різноманітні форми упаковок, мають більші захисні властивості, ніж традиційні пакувальні матеріали. Споживання пластмас для виготовлення упаковок

перевищує 38% всього обсягу споживання пластмас у Європі та приблизно 29% у США [3; 4]. Через проблеми з утилізацією використаних упаковок виготовлення їх із полімерних матеріалів у багатьох країнах обмежене або підлягає оподаткуванню (Ірландія, Німеччина, Тайвань). Тому в останні роки розробляють упаковки, виготовлені з біополімерів. Мережі супермаркетів розвинутих країн пропонують покупцям власне упакування з біополімерів, що дещо здорожчує продукцію, але не має негативного впливу на довкілля [4; 5].

Існує декілька причин для використання полімерів під час виготовлення упаковки:

- поєднання властивостей, якого неможливо досягнути під час використання традиційних матеріалів;
- еластичність та стійкість до впливу середовища відрізняє термопластичні плівки від паперу та картону;
- велика стійкість до удару порівняно зі склом;
- хімічна інертність порівняно з металами;
- амортизуючі властивості пінопластів;
- низький модуль пружності, м'якість;
- простота оброблення;
- можливість серійного та дрібного виробництва;
- невелика маса;
- можливість гнучкого проектування, що дозволяє отримувати різноманітні форми, що є неможливим під час використання традиційних матеріалів;
- зниження витрат (без пластмасового упакування виробничі витрати та споживання енергії збільшуються вдвічі, а обсяг відходів збільшується на 150%);
- збереження природних ресурсів тощо [6].

Водночас полімери мають деякі загальні недоліки, а саме: екологічні обмеження під час застосування, витрати на сировину, низькі значення модуля пружності та міцності [7]. Сировинна переробка полягає в деградації макрочастинок на фракції з меншою частинковою масою (наприклад, методами гідролізу, алкоголізу, сольволізу), які можуть бути повторно використані як мономери або сировина для виготовлення інших або таких самих хімічних продуктів, з яких їх отримали. Такій переробці можуть підлягати полімерні композити незалежно від виду використаного полімеру, наповнювачів або домішок. Цей метод не потребує початкової сегрегації відходів, їх миття або усунення інших органічних речовин. Проте істотно обмежує поширення цієї групи

методів переробки необхідність застосування складних установок високих температур і тиску, каталізаторів і докладний контроль параметрів переробки [7].

Біополімери – високомолекулярні природні з'єднання, що є структурною основою всіх живих організмів і грають визначальну роль у процесах життєдіяльності [7; 8]. Природні полімери, або біополімери, були розглянуті в 1940-х роках. Генрі Форд використовував ці біополімери в будівництві автомобіля. Але з відкриттям нафтохімічних полімерів їхня низька вартість замінила натуральні матеріали. Сьогодні ми стикаємося з іншою проблемою. Екологічний тиск відштовхує синтетичні або нафто-хімічно отримані продукти, в той час як економічні фактори тягнуть їх назад. Цей факт виходить з екологічно безпечних досліджень матеріалів і виробів, властивості яких виконують екологічні та економічні вимоги [8].

Дослідження біополімерів не обмежується продуктами, а вказує, що ці полімери можуть зіграти важливу роль в інших областях досліджень. Ми можемо очікувати побачити використання біополімерів в упаковці, медицині, будівництві, майже в кожній частині життя – так само, як синтетичні пластмаси в даний момент [8].

Біополімер, що займає значне місце у промисловому виробництві – полігідроксибутират (ПГБ), – біополімер, який за фізичними властивостями подібний полістиролу, виявлений у бактерії *Alcaligenes eutropus*. ПГБ швидко руйнується ґрунтовими мікроорганізмами. Полімер отримують під час вирощування *Azotobacter* на глюкозі з лімітацією кисню, також *Alcaligenes* під час дефіциту азоту в біологічно активному середовищі [9].

Можливі області застосування ПГБ – це виготовлення біорозкладаних пакувальних матеріалів і формованих товарів, одноразових серветок, предметів особистої гігієни, плівок і волокон, водовідштовхуючих покриттів для паперу і картону. Перше промислове виробництво кополімерів PNB-PHV організувала в 1980 році англійська фірма ICA під торговою маркою Biopol. Цей полімер характеризується відносною термостабільністю, пропускає кисень, стійкий до агресивних хімікатів і має міцність, порівняну з поліпропіленом [10].

Зварювання підготовлених зразків проводили методами стикового на напускного зварювання нагрітим інструментом до 200 °С протягом 5-7 хв.

У роботі з порошку ПГБ формували зразки шляхом пресування за таким температурним режимом: у розігріту до 140 °С форму засипали порошок та без тиску прогрівали протягом 1-2 хв., після під тиском залишали на 1,5 хв. та далі нагрівали до 180 °С на 1 хв. За експериментальними даними виявлено, що під час збільшення температури пресування у зразках формувалися внутрішні напруження та під час охолодження виникали дефекти – тріщини. За умови понижених температур пресування порошок не був повністю розплавом, та, відповідно, зразки мали негомогенну мікроструктуру. Зварювання підготовлених зразків проводили методами стикового на напускного зварювання нагрітим інструментом до 210°C за напруги 5В та сили струму 26А протягом 30 с. Продовженням досліджень є порівняння характеристик основного матеріалу та зварних з'єднань шляхом вивчення їх теплофізичних і мікроструктурних особливостей.

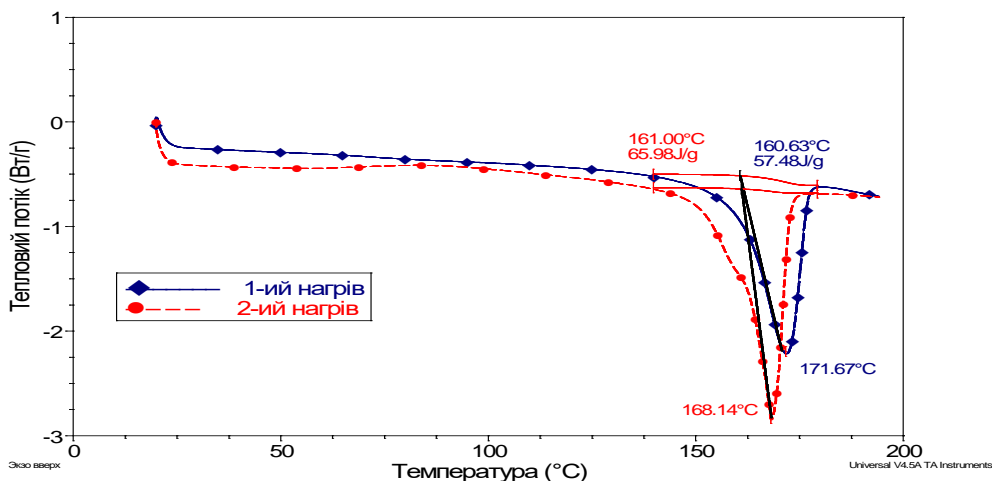
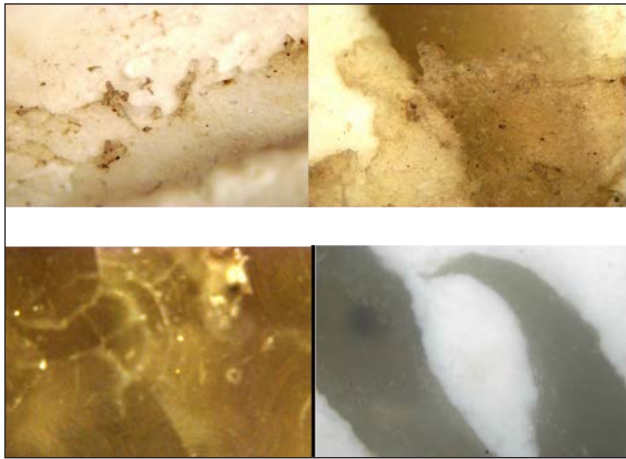


Рис. 1. Теплофізична характеристика

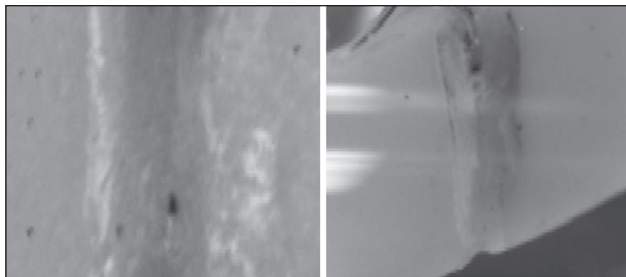
Дослідження теплофізичних характеристик



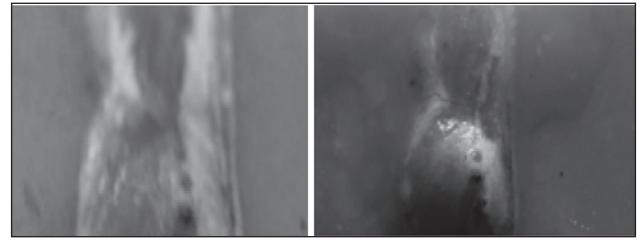
Під час формування зразків відбувається перерозподіл кристалічної фази в полімері з утворенням внутрішніх напружень. Під час другого нагріву напруження релаксують – теплофізична крива зразка стає подібною до теплофізичної кривої порошку. Таким чином, ми визначали умови формування та післяформовочної обробки зразків.

Мікроструктура зразків перед закладанням у ґрунт

Деструкція зразків у лабораторних умовах (мікроструктура за днями)



0 днів 14 днів



42 дня 84 дня

Деструкція зразків ПГБ у природних умовах (по місяцях у ґрунті)

	Початкова маса (грам)	Маса через 1 місяць (грам)	Маса через 2 місяці (грам)
ПГБ-лісовий	0,75	0,73	0,71
ПГБ-біля води	0,73	0,71	0,69
ПГБ-чорнозем	0,89	0,86	0,83

Висновки. Отже, враховуючи значну екологічну шкоду, спричинену використанням звичайних полімерів, доцільно замінити їх на біополімери. На даний час «масова» сфера застосування біопластиків – тара та упаковка для харчових продуктів. Проте вже відомі приклади застосування біопластику в галузях приладобудування, автомобілебудування, іграшок і т.д. Незважаючи на те, що в даний час частка біополімерів на ринку надзвичайно мала, потенціал цього ринку величезний. Подальше посилення екологічних вимог може допомогти біополімерам успішно конкурувати із традиційними полімерами, замінюючи їх.

У свою чергу, розширення областей застосування в різних промислових галузях диктує

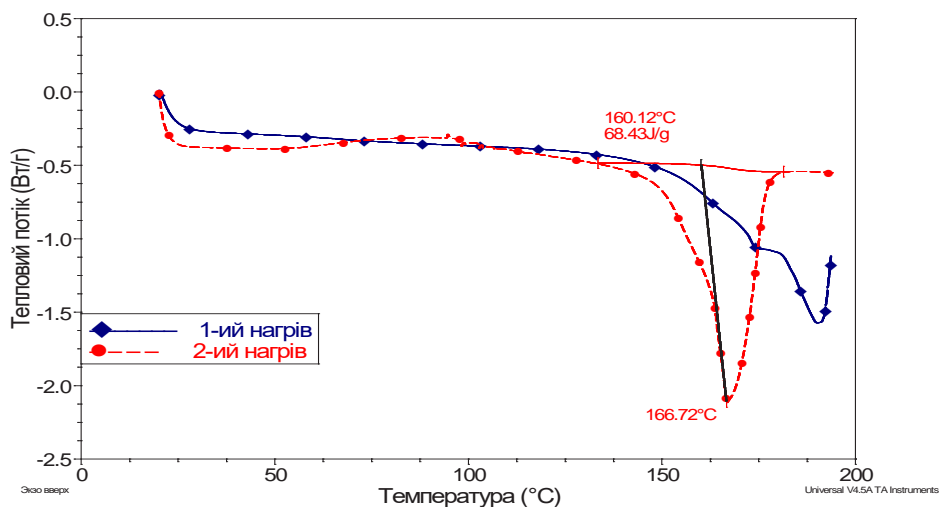
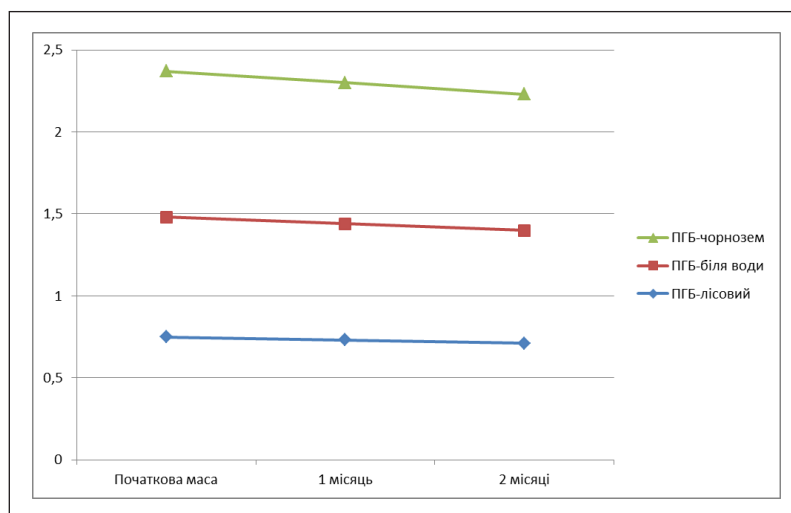


Рис. 2. Теплофізична характеристика



необхідність у створенні їх з'єднань, зокрема у зварюванні. Це особливо стосується виробів промислового, медичного та технічного призначення. Створення з'єднань безпечних в експлуатації з одночасним забезпеченням збереження їх здат-

ності до контрольованої деструкції потребує розробки відповідних зварювальних технологій та обладнання. Для цього, у свою чергу, необхідним є глибоке розуміння процесів, що відбуваються на мікроскопічному рівні під час процесу зварювання.

Список літератури:

1. Мигалина Ю.В., Козарь О.П. Основи хімії та фізико-хімії полімерів. Підручник. Київ : Кондор, 2010. 325 с.
2. Вторичные ресурсы: проблемы, перспективы, технология, экономика : учеб. пособие / Г.К. Лобачев, В.Ф. Желтобрюхов, Л.И. Кутянин, Н.И. Перминова. Волгоград, 1999. 180 с.
3. Биоразлагаемые полимеры – новый класс полимерных аналогов // Отраслевой сервер ULS: www.Unipak.ru, спец. Выпуск «Всё о плёнках». Декабрь 2004.
4. ISOStandart14855 – 1. 2005. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions –Method by analysis of evolved carbon dioxide – Part 1: General method ISO Internacional.
5. Клинков А.С. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов : учебное пособие. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 80 с.
6. Вакулич А.М. Перспективи розвитку ринку екологічно безпечних пакувальних матеріалів. *Європейський вектор економічного розвитку*. 2010. № 1(8). С. 32–36.
7. Муравных А.И. Всеобщее управление экологической безопасностью. *Экономика природопользования*. 2007. № 1. С. 14–21.
8. Блинов Н.П. Деякі мікробні полісахариди і їх практичне застосування. *Успіхи мікробіології*. 1982. 53 с.
9. Инкрустирование семян полевых культуры перспективы его внедрения в производство / Диндорого В.Г., Страна И.Т.. *Теория и практика предпосевной обработки семян : сб. науч. трудов*. Киев, 1984. С. 32–42.
10. Утилізація відходів споживання виробів з полістиролу у виробництві капсульованих мінеральних добрив / В.В. Вашук, О.А. Нагурський. *Пер-й Всеукраїнський з'їзд екологів : міжнар. наук.-техн. конф. (4-7 жовтня 2006 р.)*. Вінниця, 2006. С. 39.

Talanyuk V.V., Shadrin A.O., Iurzhenko M.V. WELDING TECHNOLOGY AND PECULIARITIES OF MICROSTRUCTURE OF WELDED COMPOUNDS OF PHB BIOPOLYMER

Polymers, in particular, biopolymers are increasingly used in various sectors of the economy, and more recently biopolymers have been replacing traditional polymers in many applications. The problem of recycling polymeric materials can also be solved by designing products that will facilitate their further processing.

The design and selection of materials should be implemented taking into account the final stage of their life cycle. That is, by indicating the method of decomposition, recycling or disposal. Plastics allow you to create a variety of packaging forms, have greater protective properties than traditional packaging materials.

Biopolymers are high molecular weight natural compounds that are the structural basis of all living organisms and play a decisive role in the processes of life.

Natural polymers or biopolymers were considered in the 1940s. Henry Ford used these biopolymers to build a car. But with the discovery of petrochemical polymers, their low cost has replaced natural materials.

Today we face another problem. Environmental pressure repels synthetic or petrochemical products, while economic factors pull them back. This fact comes from environmentally sound research on materials and products whose properties fulfill environmental and economic requirements.

The most researched and widespread representative of PHA is polyhydroxybutyrate (PHB), in the structure of which the radical R is methyl CH₃ and the length of the carbon chain of the monomer is C₃. Different non-nuclear unicellular microorganisms, prokaryotes, produce PHBs. Maximum concentrations of PHB for some bacterial species can be up to 80-85% by weight.

The presence of the PCB polymer in cells allows microorganisms to tolerate unfavorable growth conditions. The bacteria are housed on carbon-rich raw materials, and their growth potential is specifically limited by nitrogen. Under these conditions, cells, through enzymes, begin to actively absorb carbon, synthesizing PHBs as reserves of energy material.

During sample formation, the crystalline phase in the polymer is redistributed to form internal stresses. At the second heating, the stresses relax – the thermophysical curve of the sample becomes similar to the thermophysical curve of the powder. Thus, we determined the conditions of formation and after the molding of the samples.

Key words: *polymers, biopolymers, PHBs, biodegradation, welding, thermophysical characteristics.*

Янчева М.О.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Дроменко О.Б.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Большакова В.А.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Инжиянц А.Т.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ СОЛИЛЬНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ТЕХНОЛОГІЯХ КОПЧЕНОСТЕЙ

Наведено результати аналітичних досліджень щодо розробки загальних засад, теоретичних передумов та критеріїв розробки солильних сумішей для цілеспрямованого використання у технологіях копченостей. Одним із пріоритетних напрямів стабілізації та поліпшення функціонально-технологічних властивостей вихідної м'ясої сировини є використання поліфункціональних добавок, зокрема, багатокомпонентних солильних сумішей для шприцювання, які містять фосфатну частину, комплекси гідроколідів, рослинні та тваринні білки. З урахуванням того, що частка харчових інгредієнтів українського виробництва на ринку незначна, а сильні позиції мають зарубіжні виробники-гіганти, можна стверджувати, що наявні технології виробництва копченостей імпортозалежні та не повною мірою дозволяють вирішити всі проблеми, відсутні комплексні дослідження щодо створення науково обґрунтованих технологій їх виробництва. Тому розвиток українського ринку харчових інгредієнтів та багатокомпонентних сумішей є необхідним для підтримки вектору імпортозаміщення. Під час проведення аналітичних досліджень сформульовано основні вимоги, які необхідно прийняти до впровадження в технологіях копченостей. Доведено, що наукового обґрунтування та розробки потребують як солильні суміші (техніко-економічні показники яких визначаються складом та комплексом властивостей цільових продуктів, технологією їх виробництва, умовами зберігання та реалізації), так і продукти з їх використанням – копченості. З урахуванням теоретичних передумов використання солильних сумішей визначено основні питаннями, які потребують обґрунтування під час їх розробки та критерії розробки солильних сумішей для використання у складі копченостей.

Ключові слова: копченості, харчові інгредієнти, солильна суміш, багатокомпонентні розсоли.

Постановка проблеми. У сучасному високотехнологічному суспільстві розробка нового продукту – це складний багатогранний процес, який здійснюється шляхом проведення послідовних заходів у різній організаційній формі [1, с. 40–46; 2, с. 189–201]. Важливим є забезпечити не лише конкурентоспроможність нової продукції на споживчому ринку, а й підвищити ефективність функціонування підприємства-виробника. Стосовно останнього, то вона знаходиться в площині раціонального використання науково-технічного потенціалу, удосконалення існуючих та освоєння нових процесів (виробничих, управлінських, маркетингових та інших), підвищення рівня науково-дослідної та інформаційної бази [3, с. 112–120].

Продукти з різних видів м'яса (копченості) представлені широким асортиментом продукції та користуються стабільним попитом на продовольчому ринку України [4]. Водночас існують проблеми скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин, територіальної розосередженості сільськогосподарських підприємств, росту вартості сировинної бази, тиску з боку імпортерів, нетривалого терміну реалізації певних видів готової продукції, низької купівельної спроможності населення, нестабільності показників якості м'ясої сировини [5, с. 194–200].

У той час розвиток технологій, продовольчого ринку, харчової та переробної промисловості України значною мірою визначається тенденціями й закономірностями розвитку індустрії

харчових інгредієнтів та добавок [6, с. 65–70]. Безумовною перевагою їх використання є постійність технологічних властивостей, у тому числі під час зберігання, використання у невеликих кількостях, можливість введення на тій або іншій стадії технологічного процесу, прогнозованість технологічного впливу, корегування властивостей харчової системи тощо.

У зв'язку з цим виникає потреба у створенні нових науково обґрунтованих технологічних рішень, заснованих на новітніх вимогах галузі, цілеспрямованому використанні харчових інгредієнтів та розробці рецептур вітчизняних багатокомпонентних соляних сумішей для виробництва копченостей. Це вимагає глибоких наукових знань і запровадження певних інновацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом відбуваються істотні зміни в складі і кількості інгредієнтів, які використовуються в рецептурах у бік збільшення додатково внесених харчових добавок стабілізуючої дії [7, с. 22–29; 8, с. 6–13]. При цьому номенклатура інгредієнтів істотно не збільшується, спостерігається зростання кількості комбінованих добавок і сумішей, а також розширення їх застосування у виробництві м'ясної продукції для вузькоспеціалізованих цілей. Саме застосування готових соляних сумішей під час приготування розсолу виключає помилки, пов'язані з виконанням операцій зважування, дозування та послідовність змішування окремих компонентів розсолу.

Під час виготовлення суцільном'язових і реструктурованих м'ясопродуктів, вихід яких становить від 85 до 155% та 255% відповідно, використовують багатокомпонентні розсоли, які умовно поділяють на кілька типів [9; 10 с. 50–59]

Прості розсоли – це розсоли, до складу яких входять традиційні соляні речовини – кухонна сіль, нітрит натрію, цукор. Норма введення – 20...30% до маси вихідної сировини. Це істинні розчини з високою кінетичною і термодинамічною стійкістю. Їх використання забезпечує отримання виходу готової продукції в межах 75...100%.

Складні розсоли – це розсоли, до складу яких поряд із соляними компонентами входять додаткові. Умовно цю групу можна розділити ще на дві підгрупи. Перша підгрупа складних розсолів містить гідроколоїди, які здатні зв'язувати та утримувати вологу і регулювати вологоутримуючу здатність м'ясної сировини в цілому, а друга підгрупа має більш складний склад і містить ще рослинні або тваринні білки та призначена

для м'ясопродуктів із максимальним відсотком виходу (вище 140%), а також для нівелювання дефектів вихідної м'ясної сировини [11, с. 67–72; 12, с. 36–39].

Ці розсоли внаслідок наявності нерозчинних білкових препаратів є суспензіями. Норма їх введення в м'ясу сировину становить 35...80%. Такі багатокомпонентні розсоли є складними дисперсними системами (істинний розчин + суспензія + гель), до складу яких поряд із водорозчинними речовинами (соляні, смакоароматичні речовини, фосфати, барвники та інші) входять високомолекулярні сполуки (білкові препарати, крохмалі, гідроколоїди). Вони вкрай нестійкі в кінетичному відношенні, що зумовлено високою молекулярною масою базових функціональних інгредієнтів, їх схильністю до седиментації і проявом їх під час набухання у складі розсолів конкурентних властивостей. При цьому цей тип розсолів є найбільш поширеним у практиці, оскільки забезпечує істотне збільшення виходу готової продукції, стабілізацію показників якості [13, с. 135–139].

Також існують композиції для ін'єктування, приготовані на основі простих і багатокомпонентних розсолів, в які додатково вводять 10...30% подрібненої ковбасної емульсії (м'ясного фаршу). Подібні розсільні системи, що отримали назву «м'ясо в м'ясі», дозволяють не лише забезпечити введення в сировину до 60% емульгованих розсолів без істотних змін структури, смаку і кольору готової продукції, але і збільшити частку повноцінного м'ясного білка.

У практиці виробництва копченостей до складу розсільних композицій також вводять такі інгредієнти, як ферменти, антимікробні композиції, екстракти прянощів, гірчиця, водно-спиртові настої різних трав, бальзами тощо [14, с. 59–62; 15, с. 11–19; 16; 17, с. 2165–2171; 18].

На жаль, частка харчових інгредієнтів українського виробництва на ринку незначна, а лідируючі позиції займають зарубіжні виробники-гіганти, які працюють через мережу дистриб'юторів або відкривають власні виробництва в країні [10, с. 50–59; 19, с. 157–158]. Існуючі технології виробництва копченостей імпортозалежні та повною мірою не дозволяють вирішити всі наявні проблеми, відсутні комплексні дослідження щодо створення науково обґрунтованих технологій їх виробництва. Розвиток українського ринку харчових інгредієнтів та багатокомпонентних сумішей є необхідним для підтримки вектора імпортозаміщення.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою досліджень є розробка загальних засад, теоретичних передумов та критеріїв розробки соляних сумішей для цілеспрямованого використання у технологіях копченостей.

Виклад основного матеріалу дослідження. Наукова та практична реалізація нової технології на м'ясопереробних підприємствах можлива за реалізації сукупності певних засад з обов'язковою умовою сумісності організаційних принципів їх виробництва за традиційними схемами. Зокрема, вимоги, які необхідно прийняти до впровадження в технологіях копченостей, на наш погляд, такі:

- задоволення потреб широких верств населення з урахуванням їх психологічної, поведінкової та інших характеристик;
- створення широкого асортименту м'ясних продуктів із високою харчовою та біологічною цінністю;
- забезпечення стабільності показників якості та безпечності впродовж нормативного терміну зберігання;
- високі споживні властивості продукції, її натуральність та безпечність;
- використання сировини з низькими функціонально-технологічними властивостями;
- використання традиційного та нового технологічного устаткування, що забезпечить стабільність технологічного процесу;
- запровадження організаційно-технологічних принципів виробництва відповідно поставленим завданням.

Потрібно взяти до уваги, що наукового обґрунтування та розробки потребують як соляні суміші (техніко-економічні показники яких визначаються складом та комплексом властивостей цільових продуктів, технологією їх виробництва, умовами зберігання та реалізації), так і продукти з їх використанням – копченості. На першому етапі доцільним є розробка соляних сумішей (яка може бути як самостійним продуктом, так і проміжним напівфабрикатом технологічного процесу) для цільового продукту, на другому – реалізація властивостей соляних сумішей в конкретному технологічному процесі.

Одним з основних технологічних процесів, що формують якість м'ясних продуктів і стійкість їх під час зберігання, є соління [20, с. 201–216]. Сукупний вплив усіх інгредієнтів соляної суміші впливає на зміни м'язових і сполучнотканних білків, мікроструктуру м'ясної сировини, вміст води і її форми зв'язку в готовому продукті. Кожен з інгредієнтів впливає як на властивості

інших компонентів, так і на фізико-хімічні характеристики (щільність, в'язкість, седиментаційну стійкість) розсолів.

Технології копченостей (суцільном'язових м'ясних продуктів) можна удосконалювати шляхом створення нових технологічних рішень, заснованих на доцільному використанні харчових добавок та інгредієнтів, що поліпшують функціонально-технологічні властивості вихідної сировини і підвищують якість готових продуктів. Аналітичні дослідження показали, що останнім часом у виробництві копченостей є стійка тенденція до широкого використання багатокомпонентних розсолів [7, с. 22–29; 10, с. 50–59; 21], в рецептурі яких, крім соляних речовин і фосфатів, входять інші харчові інгредієнти (крохмалі, гідроклоїди, тваринні та рослинні білки тощо). У той же час сьогодні помітний новий тренд – скорочення масової частки інгредієнтів у рецептурах м'ясних продуктів за рахунок збільшення їх функціональності. Застосування високотехнологічних комплексів гарантує стабільність якості продукції, що випускається, зниження кількості операцій і виключення ризиків.

Переваги застосування соляних сумішей визначаються їх функціональністю, зручністю застосування, збільшенням виходу готової продукції, зниженням втрат маси під час термічної обробки, підвищенням рентабельності виробництва. Правильний вибір харчових інгредієнтів у складі багатокомпонентних розсолів для виготовлення копченостей залежить від виду та якості м'ясної сировини і технологічної сумісності стабілізаторів з іншими рецептурами, в тому числі інгредієнтами для соління. У зв'язку з цим великого значення набуває вивчення питань, пов'язаних з особливостями застосування рецептурних компонентів розсолів і характером взаємодії високомолекулярних харчових стабілізаторів з інгредієнтами для соління.

Багатокомпонентні розсоли, що містять стабілізатори білкового і полісахаридного походження, є складними колоїдними системами. При цьому білки і полісахариди, що застосовуються в складі розсолів, здатні істотно впливати на їх функціонально-технологічні характеристики і формування якості готової продукції. Розподіл високомолекулярних структуроутворювачів в м'ясній сировині під час посолу утруднено з огляду на те, що вони не мають здатності проникати через мембрани клітин м'язової тканини. У результаті ін'єктування і масування високомолекулярні компоненти розсолу взаємодіють не лише зі складниками розсолу,

зокрема, з кухонною сіллю, фосфатами, але ще і з елементами м'язової тканини, м'язовими білками, що особливо проявляється під час проникнення гідроколоїдів у сполучнотканинні прошарки перимізію. Вивчення характеру їх розподілу в м'ясній сировині є особливо важливим із точки зору формування якості готової продукції.

З урахуванням теоретичних передумов використання соляних сумішей основоположними питаннями під час їх розробки є:

- їх склад (харчові інгредієнти, що прогноуються до використання, мають забезпечувати перебіг необхідних процесів як в межах окремих етапів, так і технології в цілому);
- властивості та функції, які вони будуть виявляти в цільовому продукті;
- комплекс прогнозованих і контрольованих характеристик та функціонально-технологічних властивостей;
- сумісність та специфіка взаємодії з іншими компонентами рецептурних сумішей та готової продукції;
- здатності регулювати органолептичні, структурно-механічні та функціонально-технологічні властивості продукту;
- спосіб одержання;
- харчова цінність;
- використання традиційного технологічного устаткування;
- економічна ефективність використання.

Таким чином, процес вибору видів і кількостей високомолекулярних інгредієнтів для соляних

них сумішей є досить відповідальним моментом, а промислові способи посолу сировини ставлять специфічні умови до якості шприцювальних розчинів. З урахуванням вищезазначеного визначено основні критерії розробки соляних сумішей для використання у складі копченостей:

- гарна розчинність (незалежно від жорсткості води) та висока дисперсність з рівномірним розподілом компонентів, що забезпечить рівномірність розподілу компонентів розсолу в м'ясній сировині;
- контрольоване зростання в'язкості одержуваних багатокомпонентних розсолів, що не викликає забивання отворів у голках набряклими високомолекулярними інгредієнтами та не призводить до необхідності використання підвищених тисків під час введення розсолів;
- низький ступінь седиментації високомолекулярних сполук (стійкість до розшарування), що підвищує період стабільного стану розсолів після приготування;
- інтенсифікація дифузійно-осмотичного і фільтраційного розподілу розсолів у м'ясній сировині;
- простота в застосуванні.

Висновки. Таким чином, розроблені загальні засади, теоретичні передумови та критерії розробки соляних сумішей для цілеспрямованого використання у технологіях копченостей дозволять збільшити обсяги виробництва м'ясних продуктів з новими споживними властивостями прогнозованої якості та безпечності.

Список літератури:

1. Leroy F., Degreef F. Convenient meat and meat products. Societal and technological issues. *Appetite*. 2015. Т. 94. С. 40–46.
2. Сімахіна Г., Науменко Н. Інновації у харчових технологіях. *Товари і ринки*. 2015. № 1. С. 189–201.
3. Нагорний Є.І., Телетов О.С. Формування поняття «маркетингове тестування» в контексті створення нової продукції. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2009. №5. Т. 3 (140). С. 116–120.
4. М'ясна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід : науково-допоміжний бібліографічний покажчик двома мовами 2010–2018 рр. Київ : Нац. ун-т харч. технологій, 2018. 173 с.
5. Патица Н.І., Приб К.А. Світовий ринок продуктів тваринного походження та напрями посилення позицій України на ньому. *Modern Economics*. 2019. Вип. 13. С. 194–200.
6. Коваленко О.В. Формування інноваційних ніш в умовах модернізації харчової індустрії. *Економіка АПК*. 2014. № 5. С. 65–70.
7. Иванов С.В., Кишенько И.И., Крыжова Ю.П. Обоснование рецептурных компонентов многофункциональных рассольных коллоидных систем цельномышечных мясных продуктов. *Техника и технология пищевых производств*. 2014. №1. С. 22–29.
8. Kyshenko I., Donets O., Kryzhova Yu. The study of properties of a raw meat product during salting by brines. *Ukrainian Journal of Food Science*. 2014. Vol. 2., Is. 1. P. 6–13.
9. Борисенко Л.А., Борисенко А.А., Брацихин А.А. Биотехнологические основы интенсификации производства мясных соленых изделий. Москва : ДеЛи принт, 2004. 163 с.
10. Камсуліна Н.В., Дроменко О.Б., Сьома М.О., Талашенко М.С. Вивчення технологічних властивостей розсольних сумішей фірми NESSE. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2017. Вип. 1 (25). С. 50–59.

11. Kondratjuk N., Stepanova T. Prospects of amaranth using in the brine systems based on uronate polysaccharides. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. : Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*. 2018. № 40 (1316). С. 67–72.
12. Забашта А.Г., Басов В.О., Письменская В.Н. Использование структурообразующих компонентов в технологии ветчинных продуктов. *Мясная индустрия*. 2016. №8. С. 36–39.
13. Жаринов А.И., Малков В.А., Митин В.В. Организация распределения потоков органических частиц в многокомпонентных жидких средах. *Живые системы и биологическая безопасность населения: материалы международной научной конференции (Москва, 21-22 ноября 2002 г.)*. М., 2002. С. 135–139.
14. Войцехівська Л.У., Лизова В.Ю., Недорізанюк Л.П. Вплив бактеріального препарату на формування структури ферментованого суцільном'язового продукту зі свинини. *Вісник аграрної науки*. 2013. №. 3. С. 59–62.
15. Gombozhapova N.I., Bazhenova B.A., Leskova S.Yu., Badmaeva T.M., Danilov A.M. Influence of the new multicomponent brine on the quality characteristics of the boiled horse meat product. *Foods and Raw Materials*. 2017. Vol. 5., no. 1. P. 11–19.
16. Kenenbay S.I., Tayeva A.M., Ussembaeva Z.K., Syzdykova L.S., Kamimbayeva L.A. Effects of multicomponent brine on functional and technological properties of camel meat raw materials and finished products. *Food Science and Technology*. 2019. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/fst.30418>.
17. Pinotti A., Graiver N., Califano A., Zaritzky N. Diffusion of nitrite and nitrate salts in pork tissue in the presence of sodium chloride. *Journal of food science*. 2002. Vol. 67. №. 6. P. 2165–2171.
18. Bal'Prylypko L., Slobodianiuk N., Brona G., Moroziuk R., Al'Ravashdekh A. Optimization of technology of canned meat products. *Edukacja-Technika-Informatyka*. 2017. T. 8. №. 4. С. 220–223. URI: <http://repozytorium.ur.edu.pl/handle/item/3466>
19. Назаренко І.В. Особливості виробництва м'ясних делікатесів в умовах м'ясопереробного підприємства м. Миколаєва. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2012. Вип. 10(20). С. 157–160.
20. Янчева М.О., Пешук Л.В., Дроменко О.Б. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів. К.: Центр учбової літератури, 2009. 304 с.
21. Погосян А.В. Разработка и обоснование технологии копченостей из говядины с использованием многокомпонентных рассолов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04. Москва, 2008. 162 с.

Yancheva M.O., Dromenko O.B., Bolshakova V.A., Inzhyyants A.T.
THEORETICAL PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT
OF SALINE MIXTURES FOR USE IN SMOKING TECHNOLOGIES

The results of analytical research on the development of general principles, theoretical backgrounds and criteria for the development of saline mixtures for purposeful use in smoking technologies are presented. One of the priority areas of stabilization and improvement of functional and technological properties of raw meat is the use of poly-functional supplements, in particular; multicomponent saline mixtures for injection containing phosphate fraction, hydrocolloid complexes, vegetable and animal proteins. Considering that the share of Ukrainian food ingredients on the market is insignificant, and foreign manufacturing giants have a strong position, it is possible to affirm that the existing technologies of manufacturing smoked products are import-dependent and do not fully allow to solve all the existing problems. There are no comprehensive studies on the creation of scientifically substantiated production. Therefore, development of the Ukrainian market of food ingredients and multicomponent mixtures is necessary to support the vector of import substitution. During the analytical research, basic requirements, which must be accepted for the implementation in smoking technologies, are formulated. It is proved that scientific substantiation and development require both saline mixtures (technical and economic indicators of which are determined by the composition and complex of the target products' properties, technology of their production, storage conditions and realization), and products with their use – smoked products. Taking into account theoretical prerequisites for the use of saline mixtures, the main issues that are to be substantiated during their development and criteria for the development of saline mixtures for use in smoked products are identified.

Key words: smoked products, food ingredients, saline mixture, multicomponent brines.

ТРАНСПОРТ

УДК 656.02

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/29>

Жук М.М.

Національний університет «Львівська політехніка»

Півторак Г.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

ОЦІНКА ПРИТЯГУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ВУЗЛІВ ЗОВНІШНЬОГО ТРАНСПОРТУ ЛЬВОВА

Щоденна маятникова міграція мешканців населених пунктів в радіусі 50 км навколо Львова (181 тис. поїздок у робочі дні і 79 тис. – у вихідні) та туристична привабливість Львова (більше 2,5 млн туристів за рік) створюють додаткове навантаження на міську транспортну систему. Більшість із цих поїздок здійснюються через вузли зовнішнього транспорту (ВЗТ).

Характеристики вузлів зовнішнього транспорту є основою для розрахунку моделей попиту. Запропоновано метод оцінки притягуючої здатності транспортних районів, які окреслюються ВЗТ. Притягуюча здатність визначена з урахуванням наступних показників: кількість можливих напрямків відправки, кількість альтернативних варіантів відправки, кількість відправок, загальна провізна здатність вузла, часовий період роботи та відсотковий розподіл відправок з вузла за напрямками. При розподілі міських поїздок ці показники часто мають набагато більший вплив, ніж відстань поїздки.

У роботі проаналізовано сучасні методи проведення транспортного районування території з урахуванням особливостей конкретного місця та мети проектування для подальшого розрахунку матриці попиту на поїздки. Введено показник балануючого множника, який визначає ступінь привабливості кожного варіанту вибору вузла та основі сумарної бальної оцінки. З урахуванням соціально-економічних характеристик Львова обрано за мету коректування матриці студентських переміщень до вузлів зовнішнього транспорту для подальшого виконання позаміських поїздок. Для аналізу отриманих результатів розрахунків проведено опитування серед студентів навчальних закладів Львова щодо вибору ними вузла зовнішнього транспорту. Різниця між розподілом притягуючої здатності вузлів за результатами обчислень та анкетувань не перевищує 8,2%.

Ключові слова: притягуюча здатність, вузол зовнішнього транспорту, модель попиту, альтернативи вибору, транспортний район.

Постановка проблеми. Львів належить до категорії крупних міст з кількістю жителів 725 тисяч та щільністю населення 3982 особи/км². Враховуючи туристичну привабливість Львова, щороку його відвідують більше 2,5 млн. туристів, а щоденна маятникова міграція мешканців населених пунктів в радіусі 50 км навколо Львова (181 тис. поїздок у робочі дні і 79 тис. – у вихідні) створює додаткове навантаження на міську транспортну систему. В'їзд та виїзд з міста відбувається через вузли зовнішнього транспорту, яких у Львові є 11: аеропорт, два залізничних вокзали, залізнична станція та сім автостанцій. Міською територією, згідно досліджень, 52% користувачів транспортної системи переміщуються громадським тран-

спортом (з них 58% – автобусним, 27% – трамвайним та 15% – тролейбусом) [1].

Львів є третім серед міст України (після Києва та Харкова) за кількістю студентів і першим за їх часткою відносно загальної кількості населення (17%). Тому студентські переміщення здійснюють значний вплив на величину міських пасажиропотоків. Врахування цих чинників необхідне при прогнозуванні попиту на пасажирські перевезення громадським транспортом. При формуванні матриць кореспонденцій до вузлів зовнішнього транспорту Львова необхідно враховувати їх притягуючу здатність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поділ досліджуваної території на транспортні райони передусім побудові будь-якої моделі тран-

спортної системи [2, с. 6]. На сьогодні досі немає чітких і однозначних критеріїв виконання такого поділу. При визначенні меж транспортних районів варто пам'ятати, що межа району не повинна проходити транспортною мережею, а центр тяжіння району має співпадати з головним транспортним вузлом чи лежати на транспортній мережі, адже відстані між транспортними районами визначаються як відстані між їх центроїдами [3]. При плануванні переміщень громадським транспортом центр тяжіння району доцільно суміщати з зупинкою громадського транспорту [4, с. 74]. Доцільно проводити районування з урахуванням однорідності території як щодо використання землі, так і щодо доступності транспортних послуг [2, с. 8]. Транспортне районування суттєво впливає на точність результатів побудови матриць попиту-позиції [5, с. 597].

Сучасні дослідження все частіше звертаються при транспортному районуванні до принципу адаптивного районування, який дозволяє зменшити кількість районів, і, відповідно, трудомісткість обрахунків, зберігаючи при цьому точність отриманих результатів [6]. Зокрема, в роботі [7, с. 674] цей підхід застосовується шляхом формування малих районів (висока просторова точність) в місці призначення поїздки та великих районів (низька просторова точність) в місці генерації поїздки.

Характеристики транспортних районів є основою для розрахунку моделей попиту. При розподілі міських поїздок ці показники часто мають набагато більший вплив, ніж відстань поїздки [8, с. 183]. Проте стандартні соціально-економічні змінні (величина населення чи кількість місць праці) не завжди є точними показниками привабливості пункту призначення [9, с. 3]. Загалом виділяють чотири основних види доступності: доступність на основі інфраструктури, доступність на основі місця розташування, доступність на основі індивідуальних характеристик споживача та доступність на основі рівня корисності [10, с. 211].

У роботі [11, с. 16] пропонується вдосконалення традиційних моделей розподілу поїздок шляхом врахування при виборі пункту призначення для міжміських поїздок індивідуальних характеристик користувача з застосуванням алгоритмів непараметричного дерева рішень. Аналіз проводився на основі даних, зібраних в м. Баїя, Бразилія. Також аналіз та моделювання вибору місця призначення з порівняно невеликого набору альтернатив проведено в роботі [12]. Проте автори аналізували тільки пішохідні переміщення.

Постановка завдання. Матриці кореспонденцій між транспортними районами є різними навіть для територій зі схожими соціально-економічними та географічними характеристиками. Кількість користувачів, які подорожують між транспортними районами, формує попит на поїздки. Притягуюча здатність району призначення має суттєвий вплив на формування попиту на перевезення у різних транспортних районах. Якщо в якості транспортного району виступає вузол зовнішнього транспорту, то характеристики таких районів визначатимуться характеристиками транспортного вузла та рівнем обслуговування пасажирів, що прибувають чи відправляються з цього вузла.

Основна мета дослідження – оцінити притягуючу здатність ВЗТ, сформувати матрицю кореспонденцій до вузлів зовнішнього транспорту Львова та оцінити адекватність результатів на основі опитування користувачів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Моделі попиту на сьогоднішній час є основним інструментом вирішення більшості проблем в плануванні та управлінні транспортними системами. Середню кількість поїздок, які володіють певними характеристиками і виконуються в певний період часу, визначають з допомогою моделей попиту, що базуються на поїздках (trip-based demand models). Характеристики поїздки включають клас користувача (i), райони відправки та призначення переміщення (o , d), мету переміщення, чи, точніше пару цілей (s), період часу, коли відбувається переміщення (h), режим або послідовність режимів руху, які використовуються під час переміщення (m), та шлях переміщення (k), тобто набір зв'язків (відрізків), які з'єднують центроїди зони відправки o та зони призначення d і надають транспортну послугу, що забезпечується режимом m . Відповідно, формально модель попиту можна записати у вигляді [2, с. 172]:

$$d_{od}^i [s, h, m, k] = d(SE, T) \quad (1)$$

Функцію глобального попиту з міркувань аналітичної зручності доцільно розкласти на добуток підмоделей. Найбільш часто використовуваною послідовністю є набір з чотирьох моделей: модель частоти поїздок, модель розподілу, модель вибору режиму та модель вибору шляху руху – так звана чотирьохступінчата модель [2, с. 173]:

$$d_{od}^i [s, h, m, k] = d_o^i [sh](SE, T) \cdot p^i [d / osh](SE, T) \times p^i [m / oshd](SE, T) \cdot p^i [k / oshdm](SE, T) \quad (2)$$

Попит на поїздки зазвичай виражається матрицями попиту-пропозиції, елементи яких представляють кількість користувачів, які подорожують між транспортними районами [13, с. 271]. Відповідно, для проведення розрахунків необхідна інформація про кількість користувачів в районі відправки, що належать до класу *i* та про притягуючу здатність району призначення для цих користувачів.

Якщо в якості транспортного району виступає вузол зовнішнього транспорту, то характеристики таких районів визначатимуться характеристиками транспортного вузла та характеристиками рівня обслуговування пасажирів, що прибувають чи відправляються з цього вузла.

Загалом у Львові можна виділити 11 районів, які є основними вузлами зовнішнього транспорту. При

виборі району відправки користувач, в першу чергу, враховує тип (приміське, міжміське чи міжнародне сполучення) та напрямок свого переміщення. В приміському переміщенні є 8 альтернатив вибору ВЗТ, у міжміському – 7 альтернатив, а в міжнародному – 5.

Провізна здатність вузла зовнішнього транспорту визначається сумарною кількістю пасажирів, які проходять через вузол за одиницю часу (зазвичай, годину або добу) [14, с. 97]. Якщо завантаженість ВЗТ визначає характеристики транспортного району, то генеруючу здатність району можна розрахувати на основі кількості прибуттів транспортних засобів та їх пасажиромісткості, а притягуючу здатність – на основі кількості відправок та пасажиромісткості [15, 16]. Атрибути та альтернативи вузлів зовнішнього транспорту подано в табл. 1 та на рис. 1-2.

Таблиця 1

Атрибути вузлів зовнішнього транспорту Львова

Умове позначення вузла ЗТ	Вузол ЗТ	Максимальна завантаженість вузла на відправку, пас. / добу	Основний тип переміщень
A	Головний залізничний вокзал	15851	міжміські
B	Приміський залізничний вокзал	31395	приміські
C	Станція «Підзамче»	7560	міжміські
D	Автовокзал № 1	5635	міжнародні
E	Автостанція № 2	17331	приміські
F	Автостанція № 4	5950	приміські
G	Автостанція № 5	3900	приміські
H	Автостанція № 6	6400	приміські
K	Автостанція № 8	2865	міжнародні
L	Автостанція «Західна»	4441	приміські
M	Аеропорт	6750	міжнародні

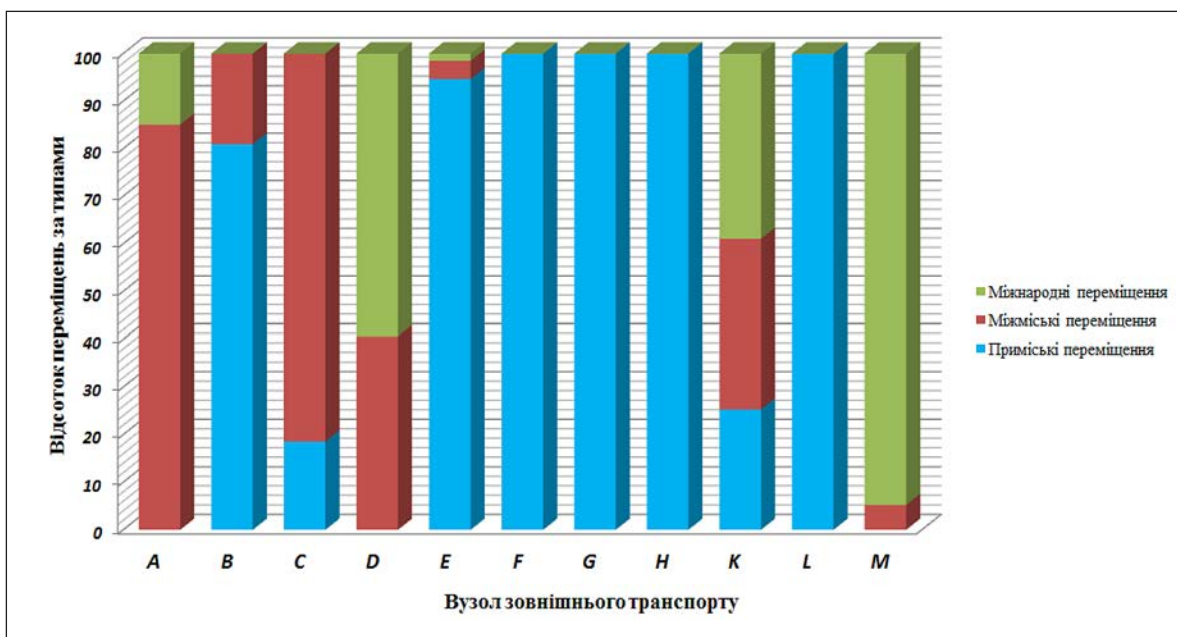


Рис. 1. Альтернативи вузлів зовнішнього транспорту за типом переміщення

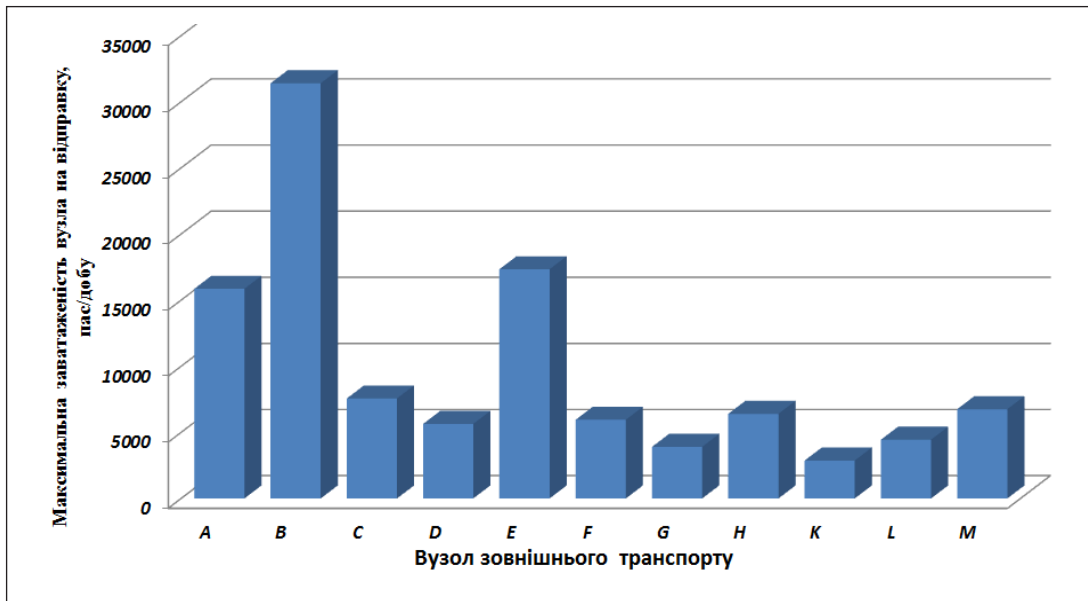


Рис. 2. Альтернативи ВЗТ за об'ємом перевезень

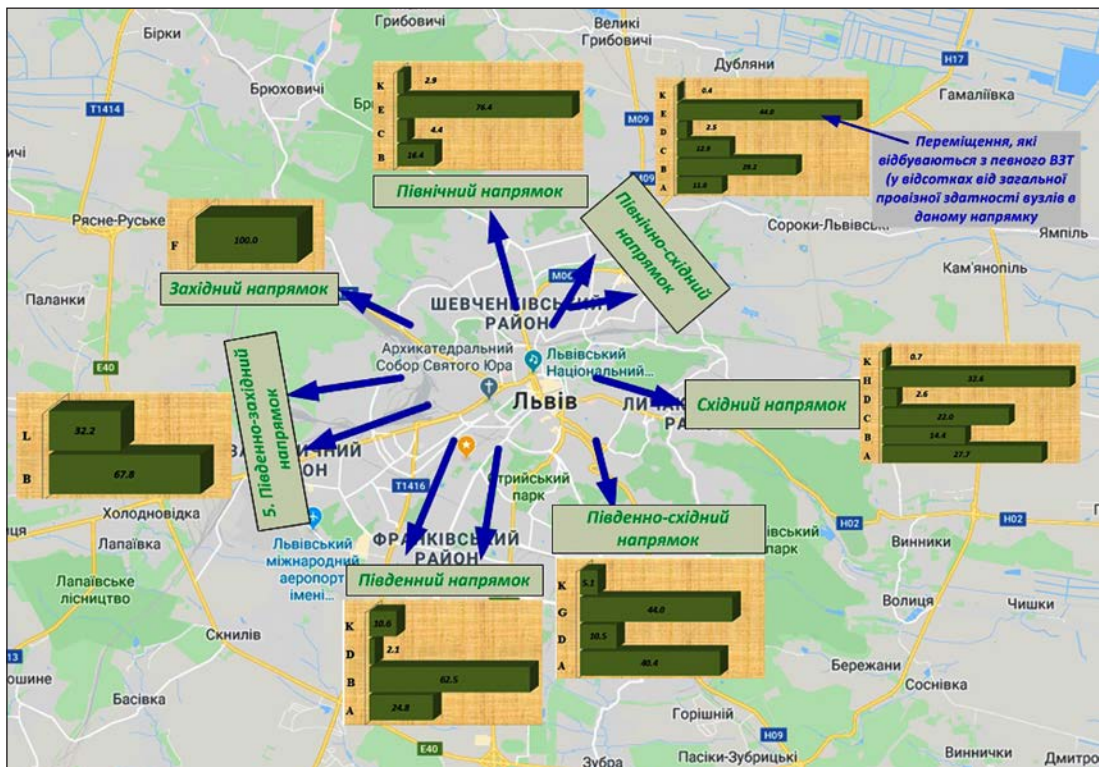


Рис. 3. Атрибути привабливості вузлів зовнішнього транспорту за напрямками руху

Кожен із типів переміщень має свої варіанти напрямків руху. Враховуючи географічне розташування Львова, рух із вузлів зовнішнього транспорту можливий у 10 напрямках. Оскільки для подальшого аналізу обрано внутрішні переміщення, то аеропорт в подальшому не розглядається як альтернатива. Відповідно, на основі аналізу можливих альтернатив вузлів зовнішнього транспорту для кожного з напрямків, можна оста-

точно виділити 7 варіантів руху, з яких південно-західний та північний напрямки – це практично повністю приміські переміщення, а в західному напрямку рух відбувається тільки з вузла F (немає альтернатив вибору вузла).

На основі розподілу відправок за напрямками розраховано відсоток переміщень, що відбуваються з певного вузла, для кожного напрямку (рис. 3).

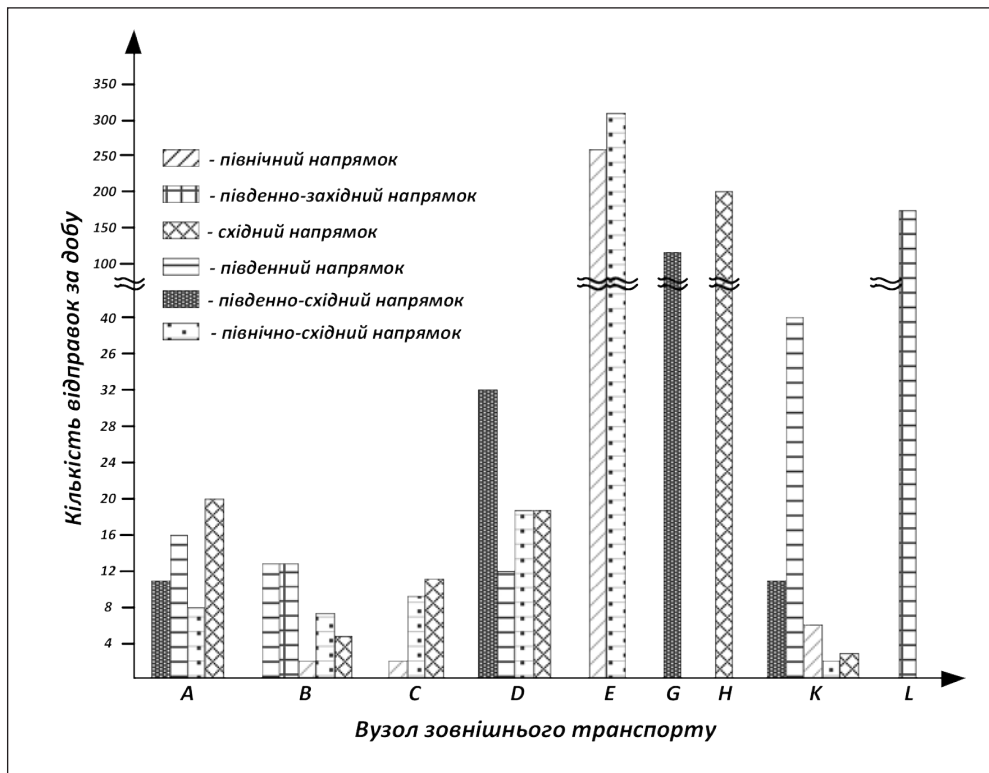


Рис. 4. Атрибути привабливості ВЗТ за кількістю відправок

Вплив рівня обслуговування пасажирів на притягуючу здатність транспортного району визначено з врахуванням балансуєчого множника, який оцінює атрибути привабливості кожного варіанту вибору. При розрахунку балансуєчого множника враховувалися такі показники: кількість відправок протягом доби, кількість годин роботи протягом доби, кількість можливих напрямків руху з вузла, кількість альтернативних вузлів та відсотковий розподіл відправок з вузла за напрямками.

На рис. 4-5 наведено атрибути привабливості для оцінки кожного з альтернативних районів при виконанні переміщень в певному напрямку.

Показники привабливості вузлів оцінювалися в бальній системі від 1 до 9 (чим більший бал, тим краще значення показника для вузла). Сума усіх балів визначає рейтингову оцінку i -ого вузла R_{ETH_i} . Балансуєчий множник визначався за формулою:

$$k_{att_i} = \frac{R_{ETH_i}}{\sum_{i=1}^n R_{ETH_i}} \quad (3)$$

Значення розрахунків балансуєчих множників подано в таблиці 2.

Притягуюча здатність транспортного району визначена за рівністю:

$$A_i = P_i \cdot k_{att_i} \quad (4)$$

де P_i – максимальна завантаженість ВЗТ; k_{att_i} – балансуєчий множник.

Розраховані притягуючі здатності транспортних районів наведено в табл. 3.

Адекватність отриманих результатів притягуючих зданостей вузлів зовнішнього транспорту перевірено шляхом проведення опитувань серед студентів ВНЗ м. Львова. Отримані результати опитувань та наведено на рис. 6.

Вибірка включала 300 студентів різних навчальних закладів. Розбіжність у результатах розрахунків притягуючої здатності ВЗТ та результатах опитувань не перевищує 8,2%, що свідчить про адекватність розрахованої притягуючої здатності вузлів зовнішнього транспорту. Результати розрахунків опрацьовано у програмному середовищі PTV VISION VISUM з адаптацією в транспортну модель Львова. Зонами генерації поїздок є місця компактного проживання студентів (студмістечка чи гуртожитки). Розрахована на основі цих даних матриця кореспонденцій дозволить оцінити зростання пасажиропотоку у вузлах зовнішнього транспорту у передвихідні та передсвяткові дні за рахунок студентських поїздок.

Висновки. Основні внески запропонованого підходу:

1. Запропоновано оцінку попиту на перевезення на основі притягуючої здатності вузлів зовнішнього транспорту великих міст. Це дозволить більш точно визначити попит на перевезення у ВЗТ та прогнозувати пікові навантаження на міський громадський транспорт.

2. Запропоновано оцінку адекватного розрахунку попиту на основі анкетування визначених груп користувачів громадського транспорту міста.

3. Для визначення привабливості ВЗТ запропоновано атрибути привабливості та балансуєчий множник як можливість оцінки вибору альтернативи.

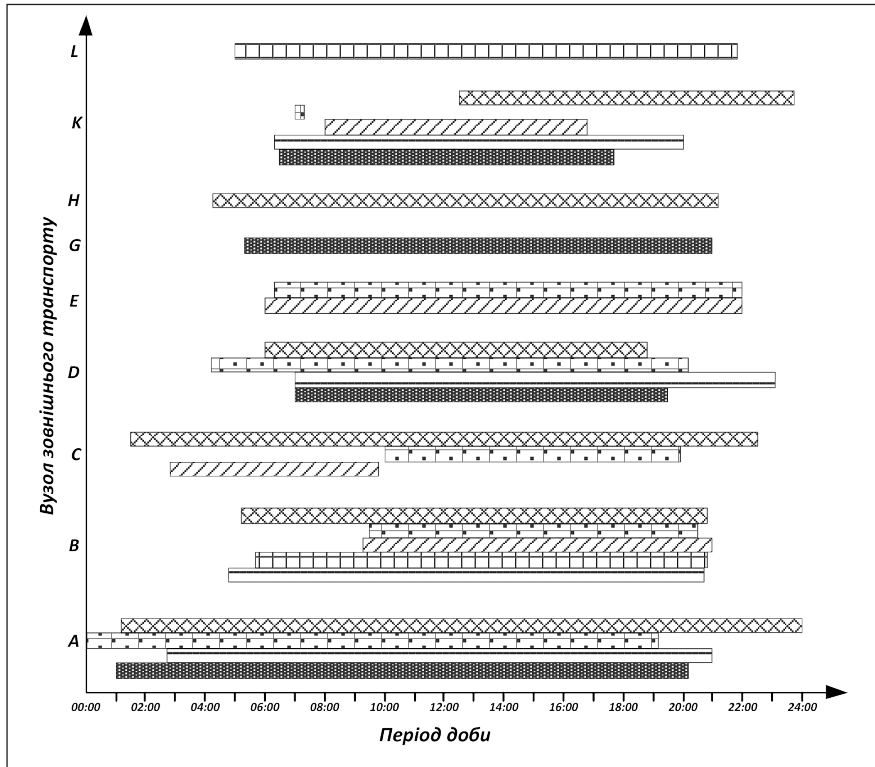


Рис. 5. Атрибути привабливості вузлів зовнішнього транспорту за часом роботи

Таблиця 2

Балансуєчі множники для розрахунку притягуючої здатності транспортних районів ВЗТ

Вузол ЗТ	Бал за показник					R_{ETH_i}	k_{att_i}
	Кількість відправок	Час роботи	Кількість напрямків	Кількість альтернатив	Розподіл по напрямках		
A	3	9	8	5	8	33	0,120
B	2	3	9	5	6	25	0,097
C	1	8	7	6	5	27	0,105
D	5	7	8	5	7	32	0,125
E	9	2	6	7	9	33	0,128
G	6	1	5	8	3	23	0,090
H	8	5	5	7	3	28	0,109
K	4	6	9	5	4	28	0,109
L	7	4	5	9	3	28	0,109

Таблиця 3

Притягуючі здатності транспортних районів ВЗТ

Вузол ЗТ	A	B	C	D	E	G	H	K	L
Притягуюча здатність	1902	3045	794	705	2218	351	698	312	484

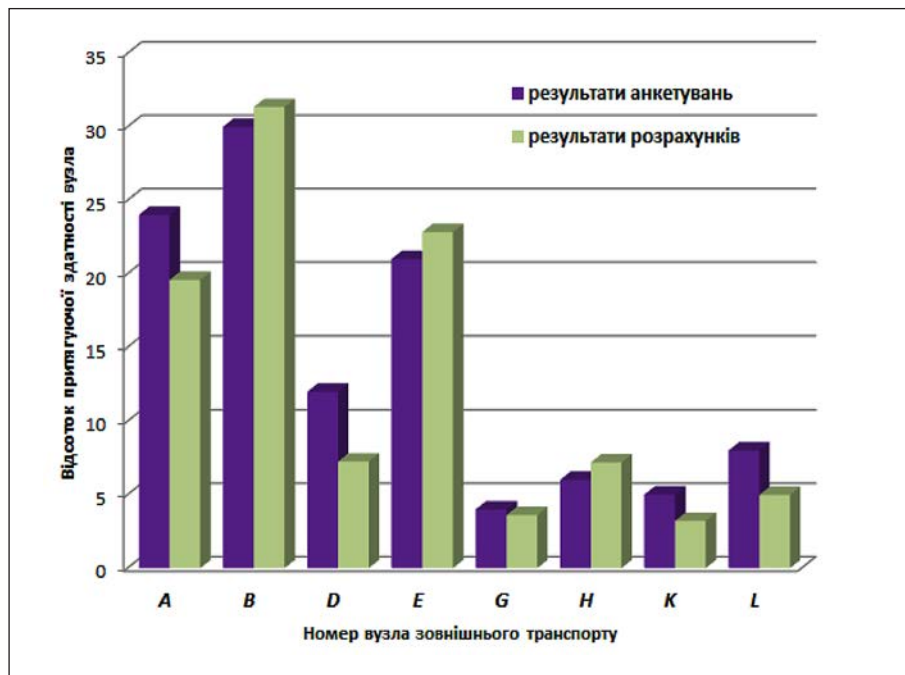


Рис. 6. Притягуюча здатність ВЗТ Львова: результати розрахунків та опитувань

Список літератури:

1. Веб-сторінка «Мобільність Львова». URL: <https://mobilitylviv.com/> (дата звернення: 11.11.2019).
2. Ennio Cascetta. *Transportation Systems Analysis/ models and Applications*. Second Edition. New York: Springer Science + Business Media, LLC, 2009. 742 p.
3. Ройко Ю.Я. Щодо визначення основних принципів транспортного районування. In: *Транспортные проблемы крупнейших городов*, 2012. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/29545/1/34.pdf> (дата звернення 31.10.2019).
4. Горбачов П.Ф., Свічинський С.В. Аналіз матриці відстаней між транспортними районами міста як основи функції розселення населення. *Автомобільний транспорт*. Харків, 2010. Вип. 27. С. 73–76.
5. Luis M. Martínez, José Manuel Viegas, Elisabete A. Silva. A traffic analysis zone definition: a new methodology and algorithm. *Transportation*. 2009. Volume 36, Issue 5. Pp. 581–599.
6. Alex Hagen-Zanker, Ying Jin. A new method of adaptive zoning for spatial interaction models. *Geographical Analysis*, 2012. 44(4). Pp. 281–301.
7. Alex Hagen-Zanker, Ying Jin. Adaptive Zoning for Efficient Transport Modelling in Urban Models. *International Conference on Computational Science and Its Applications: ICCSA, 2015*. Pp. 673–687.
8. A. Sbaï, H. J. Van Zuylen, J. Li, F. F. Zheng, F. Ghadi. Estimation of an urban OD matrix using different information sources. *International Conference on Computational Science and Its Applications: ICCSA 2017*. Pp. 183–198.
9. Joseph Molloy. *Development of a Destination Choice Model for Ontario*. Technical University of Munich. 2016. 74 p. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/d1a6/9cb018a8030286e5e64a2ec598d56f292dc5.pdf> (дата звернення 13.11.2019).
10. Bert van Wee, Jan Anne Annema, David Banister. *The Transport System and Transport Policy*. Edward Elgar, UK. 2013. 399 p.
11. Cira Souza Pitombo, Andreza Dornelas de Souza, Anabele Lindner. Comparing decision tree algorithms to estimate intercity trip distribution. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Volume 77, April 2017. Pp. 16–32.
12. K. Clifton, P.A. Singleton, C.D. Muhs, R.J. Schneider. Development of destination choice models for pedestrian travel. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Volume 94, December 2016. Pp. 255–265.
13. Ennio Cascetta, Francesco Russo. Calibrating aggregate travel demand models with traffic counts: Estimators and statistical performance. *Transportation*. 1997. Volume 24, Issue 3. Pp. 271–293.

14. Бондар А. Транспортно-пересадочний вузол як елемент планувальної структури міста. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2016. Вип. 88. С. 91–99.
15. Розклади транспорту. URL: <http://bus.com.ua/> (дата звернення 13.11.2019).
16. Офіційний веб-сайт Укрзалізниці. URL: <https://www.uz.gov.ua/passengers/timetable/> (дата звернення 13.11.2019).

Zhuk M.M., Pivtorak H.V. THE EVALUATION THE FLOW ATTRACTED BY EXTERNAL TRANSPORT HUB IN LVIV

Daily commuting of residents of settlements within a radius of 50 km around Lviv (181,000 weekdays and 79,000 weekends) and Lviv tourist attraction (more than 2.5 million tourists per year) create an additional load on the urban transport system. Most of these trips are made through external transport hubs. The characteristics of external transport hubs are the basis for calculating demand models. A method of estimating the attractiveness of the transport zones identified by the external transport hubs is proposed. Attractive capacity is determined by the following indicators: the number of possible destinations, the number of alternatives, the number of departures, the total capacity of the hub, the time period and the percentage of dispatches from the hub by destination. In the distribution of urban trips, these indicators often have a much greater impact than the distance traveled.

The paper analyzes the modern methods of transport zoning of the territory, introduced account the characteristic property of a specific place and the purpose of design for further calculation of the matrix of demand for travel. An indicator of the balancing factor is introduced, which determines the degree of attractiveness of each variant of the external transport hub choice and the basis of the total point score. Taking into account the socio-economic characteristics of Lviv, it was chosen for the purpose of adjusting the matrix of student transfers to external transport hubs for further suburban trips. In order to analyze the results of the calculations, a survey was conducted among students of Lviv educational institutions regarding the choice of a external transport hub. The difference between the distribution of attracting by hubs according to the results of calculations and questionnaires does not exceed 8.2%.

Key words: *flow attracted by zone, external transport hub, demand model, alternative choice, traffic zone.*

Сілевич В.Ю.

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

АНАЛІЗ СТАНУ ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА ТА ЙОГО АГРЕГАТІВ ЗА АКУСТИЧНИМ СИГНАЛОМ ЇХНЬОЇ РОБОТИ

Розвиток автомобільної промисловості, разом із збільшенням вимог до безпеки, екологічності та ефективності, вимагає дієвої діагностики стану та несправностей автомобіля та його систем.

За певних умов несвоєчасне обслуговування автомобіля і його агрегатів може стати загрозою безпеки людини і навколишнього середовища. До таких випадків можна віднести, наприклад, поступове руйнування підшипника колеса, деградацію пластикової втулки рульової тяги та інші критичні несправності, які супроводжуються появою додаткового шуму під час експлуатації автомобіля.

У зв'язку зі збільшенням складності агрегатів транспортних засобів та їхньої вартості під час ремонту, а тим більше під час заміни, постійний моніторинг несправностей елементів, вузлів та систем автомобіля дозволить швидко і ефективно знайти і відновити пошкоджену деталь, виявити порушення в її роботі ще до виходу з ладу.

Автомобільний поршневий двигун внутрішнього згоряння (ПДВЗ) у процесі своєї роботи є джерелом різних звукових коливань, які генеруються 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. ін.).

Оскільки ПДВЗ є пристроєм із великою кількістю підсистем, то робота кожної такої системи буде супроводжуватися генерацією звуку певної тональності частоти і фази. Швидкість поширення звуку має певну величину, яка залежить від середовища, в якій вона поширюється; тож таким чином можна визначити, за наявності звукових сенсорів, встановлених певним чином, місце випромінювання сигналу, а значить, місце і конкретний механізм або агрегат, який потребує обслуговування або ремонту.

Отже, коливання конструкції та звукові сигнали, що генеруються механічними системами поршневого двигуна з відповідними методами їх реєстрації, оброблення та аналізу, можуть слугувати для визначення їх стану. Таким чином, розроблення системи неруйнівного безперервного моніторингу стану двигуна автомобіля та його агрегатів, здатної заздалегідь попередити про несправності, відхилення від нормального режиму роботи, є досить важливим завданням.

Ключові слова: акустичний сигнал, вейвлет, перетворення Фур'є, несправність механічної системи, поршневий двигун.

Постановка проблеми.

Зростання складності систем автомобільної промисловості та вимог до їх експлуатації потребує розширення методів діагностики несправностей та обслуговування автомобілів.

Електронні системи двигуна, що забезпечують його працездатність, такі як датчики тиску повітря та рідин, вмісту кисню, положення колінчастого та розподільного валу, датчики рівня рідин, також можуть виконувати функції опосередкованого діагностування двигуна. До таких можна віднести, наприклад, невідповідність кутів повороту колінчастого і розподільного валу (пошкодження механізму приводу газорозподільної системи), занижений тиск у повітряній магістралі після компресора (пошкодження повітряних магістралей), завжди високий рівень кисню у відпрацьованих газах (тріщини або нещільності випускного колектору) [1, с. 1807–1826].

Діагностування стану механічних систем вказаними способами неможливе на ранніх стадіях появи дефектів (наприклад, пошкодження підшипника або механізму натягіння ланцюга газорозподільного механізму). Механічні системи двигуна майже завжди працюють із генерацією звукових коливань у повітряному середовищі, а вихід із ладу агрегату супроводжується зміною гучності, основних частот та рівнем шуму. Тому розроблення системи діагностики стану автомобільного двигуна, здатної дати раннє попередження про його стан, представляється актуальною задачею.

Таким чином, виникає необхідність розроблення надійного математичного інструментарію оцінки як стану багатфункціональних об'єктів автомобіля, так і транспортної системи у цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Автор роботи [1, с. 1807–1826] розглядав застосування різних вейвлет і Фур'є-перетворень

для пошуку одиничних несправностей у різних категоріях поршневих двигунів. Метод дозволяє ефективно обробляти динамічні звукові сигнали двигуна, фільтруючи шуми з інших джерел (навколишнього середовища), які містять значну кількість інформації про умови роботи двигуна. Проблемаю зазначеного методу є складність отримання інформації, пов'язаної з конкретною несправністю.

У роботі [2, с. 295–298] проводилися експериментальні дослідження шуму двигуна з метою виявлення його несправностей. Під час проведення експериментів оброблялися сигнали нормально двигуна, що працює, на різних швидкостях обертання і з різною кількістю циліндрів, що працюють (використовувалося відключення певних свічок запалювання), для виявлення ранніх стадій деградації його елементів. Звукові записи роботи двигуна оброблялися різними додатками. У фокусі дослідження лежало порівняння максимальних амплітуд звукових сигналів.

У статті [3, с. 1005–1009] проводився аналіз звуку двигуна з метою виявлення його несправностей. Експеримент проводився для роботи бензинового двигуна у трьох станах: робота циліндрів із перебоями на холостому ході, робота із пропусками запалювання і робота двигуна без відбору потужності. Під час оброблення сигналу враховувалися такі параметри: основна частота звуку, частотний спектр, енергія звукової хвилі, швидкість переходу через нуль. Для оброблення використовувалися методи математичної статис-

тики, які дали прийнятний результат для розрізнення різних режимів роботи двигуна.

Аналіз звуку двигуна використовується не тільки для виявлення порушень в його роботі. Так, [4, с. 1347–1359] за допомогою оброблення звуку елементів циліндро-поршневої групи проводились роботи зі зниження шуму двигуна в цілому. У результаті дослідження вносилися зміни до конструкції поршня – його геометрії, положення центру мас.

Постановка завдання.

Розроблення методу оцінки показників працездатності двигуна автомобіля і його систем за їхнім акустичним сигналом.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Аналізування сигналу може проводитися шляхом зіставлення його з певним базисом. Такими базисами можуть бути як гармонічні функції, що реалізуються в Фур'є-перетворенні, так і певні базисні функції, оброблення за допомогою яких називається вейвлет-перетворенням.

Перетворення Фур'є – математичний апарат, що зіставляє одній функції дійсної змінної іншу. Ця нова функція описує коефіцієнти (амплітуди) під час розкладання вихідної функції на елементарні складові частини – гармонійні коливання з різними частотами (подібно до того, як музичний акорд може бути виражений у вигляді суми музичних звуків, які його складають). Такий механізм використовується в багатьох областях науки – у фізиці, теорії чисел, комбінаториці, обробленні сигналів, статистиці і багатьох інших.

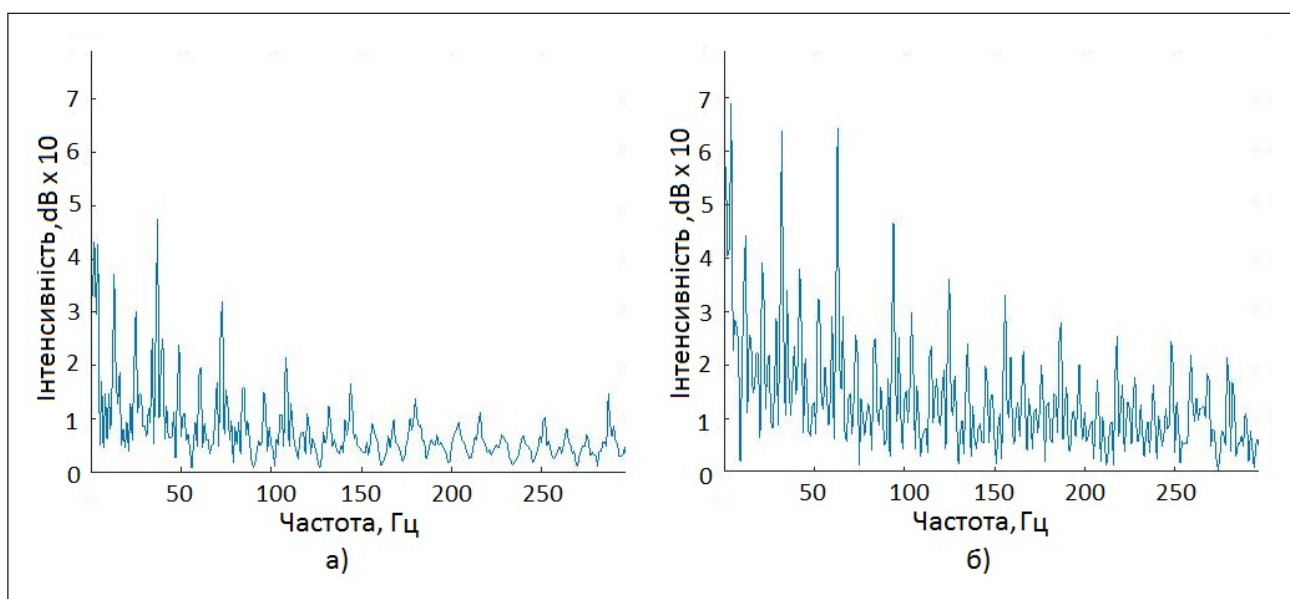


Рис. 1. Результати Фур'є-перетворення звуку роботи:
а) бездефектного двигуна; б) двигуна з дефектом випускного колектора

В обробленні сигналів і пов'язаних областях перетворення Фур'є зазвичай розглядається як декомпозиція сигналу на частоти і амплітуди, тобто оборотний перехід від часового простору в частотний [5, с. 19].

Для аналізу було взято два сигнали одного працюючого автомобільного бензинового трициліндрового двигуна з дефектом у випускному колекторі у вигляді тріщини (рисунок 1а) і без дефекту (рисунок 1б).

На рисунку 1б видно значні сплески кожної третьої гармоніки в полі частота – інтенсивність, у той час як на рисунку 1а висоти сплесків, хоча й розрізняються, але кількісну різницю менш помітно.

Із отриманих спектрограм видно більш потужний звуковий сигнал, який має частоту приблизно 40-45 Гц, що відповідає циклічності роботи двигуна і несе тільки кількісну характеристику інформації про робочий стан двигуна.

Вейвлети – функції типу маленької хвилі в математиці виникли досить давно під час вивчення базисів функціональних просторів. Однак тільки в останні десятиліття вони знайшли широке застосування в обробленні сигналів і зображень [5]. Цей математичний апарат стимулював потужний розвиток теорії вейвлетів, яка стала альтернативою аналізу Фур'є і дає більш гнучку техніку оброблення сигналів. Одна з основних переваг вейвлет-аналізу полягає в тому, що він дозволяє помітити добре локалізовані зміни сигналу, тоді як аналіз Фур'є цього не дає, бо в коефіцієнтах Фур'є відбивається поведінка сигналу за весь час його існування.

Існує кілька різновидів вейвлетів, в основі яких лежать певні базисні функції. Використання того чи іншого вейвлету залежить від виду локального сплеску, який знаходиться. Найчастіше використовуються вейвлети Морле, Хаара та Меєра.

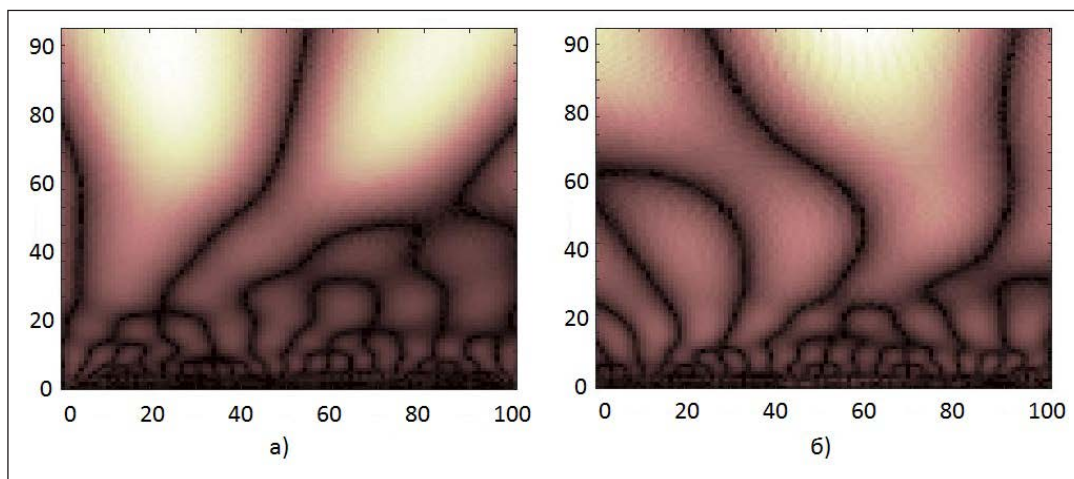


Рис. 2 Результати вейвлет-перетворення Морле звуку роботи: а) бездефектного двигуна; б) двигуна з дефектом випускного колектора

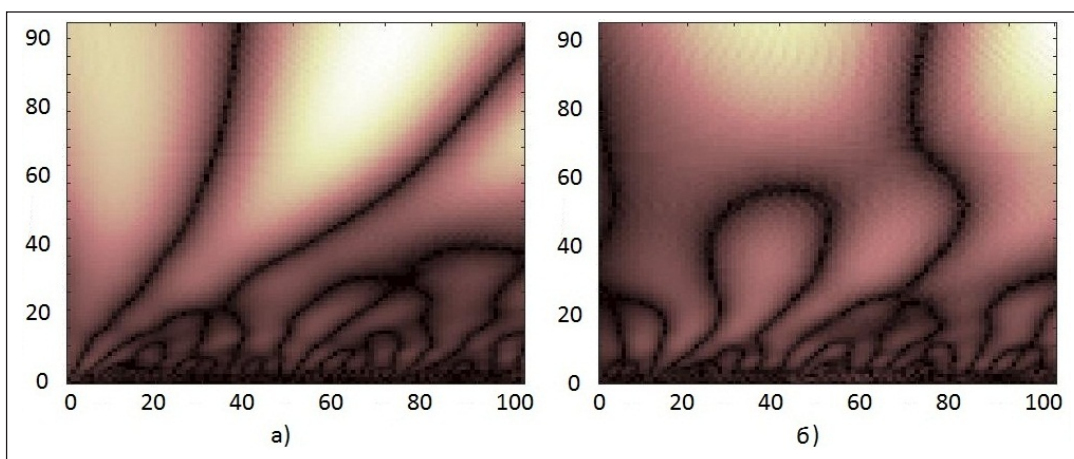


Рис. 3. Результати вейвлет-перетворення Меєра звуку роботи: а) бездефектного двигуна; б) двигуна з дефектом випускного колектора

Результати досліджень звуку того ж двигуна, що і в попередньому випадку вейвлет-перетворенням, показано на рисунках 2-4.

На фазовому портреті, що отримано перетворенням Морле, можна розрізнити лінії, які замикаються у вибраній зоні і які ні. Ті лінії, що не мають замкненості, характеризують наявність певних складових частин сигналу, які будуть найбільш подібними до базового сигналу.

У вейвлеті Меєра та Хаара (рисунок 3 і 4) добре відстежується наявність лише однієї найбільш вираженої гармоніки в роботі дефектного двигуна – це одна незамкнена лінія на рисунках 3б та 4б.

Диференціювання сигналу з отриманням першої та другої похідної дозволяє отримати інформацію про швидкість та прискорення зміни його амплітуди. Так, у просторі «стан – швидкість – прискорення» кожну динамічну подію можна

відобразити точкою з координатами $X(t)$, $dX(t)/dt$, $d^2X(t)/dt^2$. Причинно-наслідково пов'язані між собою події утворюють у просторі «стан-швидкість-прискорення» замкнену траєкторію [6, с. 354–358].

Застосування чисельного диференціювання відцифрованих сигналів має місце під час оброблення аналітичної інформації. Перша похідна сигналу характеризує швидкість зміни амплітуди щодо зміни абсциси, тобто часової осі, 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 нахилу дотичної сигналу в кожній точці кривої.

Результати оброблення сигналу двигуна з отриманням першої та другої похідної від амплітуди сигналу представлені на рисунках 5 та 6.

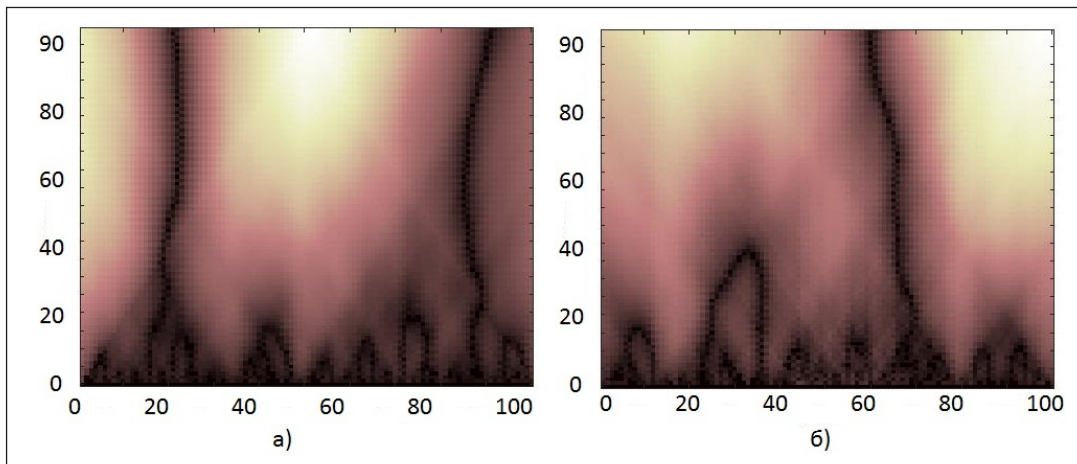


Рис. 4. Результати вейвлет-перетворення Хаара звуку роботи:
а) бездефектного двигуна; б) двигуна з дефектом випускного колектора

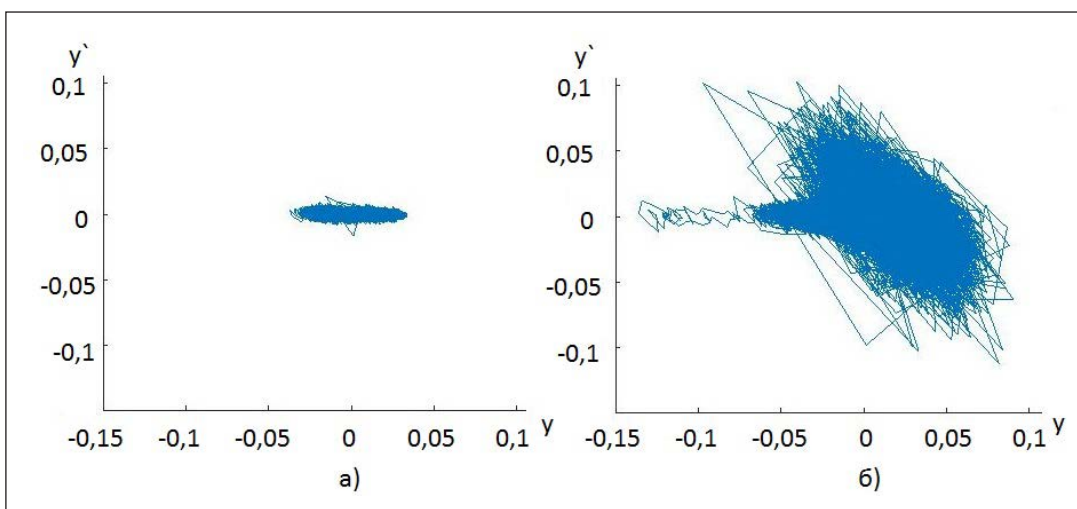


Рис. 5. Представлення шуму двигуна у просторі «стан – швидкість»:
а) бездефектного двигуна; б) двигуна з дефектом випускного колектора

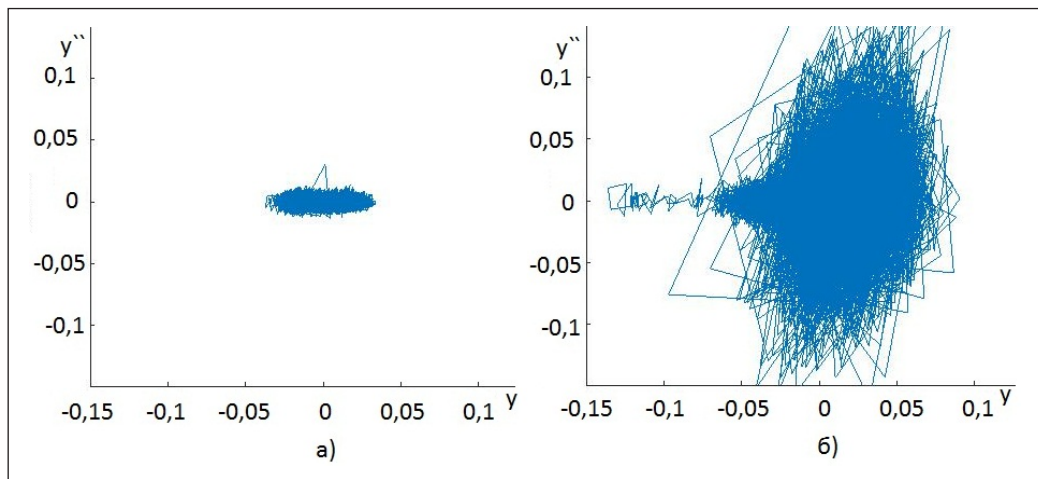


Рис. 6. Представлення шуму двигуна у просторі «стан – прискорення»: а) бездефектного двигуна; б) двигуна з дефектом випускного колектора

Отримані картини показують зміни не тільки структури, а й форми і масштабу, що представляється більш інформативним під час вивчення стану досліджуваних об'єктів.

Висновки. 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 із можливістю поглибленого аналізу роботи двигуна.

Список літератури:

1. Hamid Ghaderi, Peyman Kabiri Automobile engine condition monitoring using sound emission. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*. 2017. № 25. P. 1807–1826.
2. Wail M. Adaleh Engine Fault Diagnosis Using Acoustic Signals. *Progress in Environmental Protection and Processing of Resource*. 2013. № 2020. P. 295–298.
3. Suphattharachai Chomphan, Theerathan Kingrattanaset An analysis of sound for fault engine. *American Journal of Applied Sciences*. 2014. № 11(6). P. 1005–1009.
4. Dolatabadi N., Theodossiades S., Rothberg S.J. An investigation on impact -induced oscillations and noise in lubricated conjunctions. *26th International Conference on Noise and Vibration Engineering (Leuven, Belgium, 15-17 sep. 2014 y.)*. P. 1347–1359.
5. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB : навч. посіб. Москва : ДМКПресс, 2014. С. 19.
6. Мигаль В.П., Мигаль Г.В. Киберфизический подход к исследованию функционирования динамических систем. *Электротехнические и компьютерные системы*. 2016. № 22(98), С. 354–358.

Silevich V.Yu. THE PISTON ENGINE AND ITS UNITS STATE ANALYSIS WITH ACOUSTICAL SIGNAL OF THEIR WORK USAGE

The development of the automotive industry, together with the increasing requirements for safety, environmental friendliness and efficiency, require effective diagnostic methods of the car and its systems condition and malfunctions.

Under certain conditions, failure to maintain the vehicle and its components in a timely manner can endanger human and environmental safety. Such cases include, for example, the gradual destruction of the wheel bearing, the degradation of the plastic thrust bushing, and other critical faults, which are accompanied by the appearance of additional noise when operating the vehicle.

Due to the increasing complexity of vehicle units and their cost during repair, and even more so when replaced, constant monitoring of faults of elements, components and car systems will allow to quickly and effectively find and repair the damaged part, to detect disturbances in its operation even before leaving okay.

Automobile internal combustion piston engine, when their work, become a source of various sound vibrations generated from the movement of gases (air intake and exhaust), mechanical interaction of gears and cam mechanisms ending with the noise of additional units (vents, high pressure pump, etc.).

Since the engine is a device with many subsystems, and the operation of each such system will be accompanied by the generation of sound with a certain tone, frequency and phase. The speed of sound propagation has a certain value, which depends from the environment in which it propagates; so we can determine, in the presence of sound sensors installed in a certain way, the location of the signal source, and therefore the location and the specific mechanism or unit that needs maintenance or repair.

Therefore, the oscillations of the structure and the sound signals generated by the mechanical systems of the piston engine with the appropriate methods of their registration, processing and analysis can serve to determine their condition. Thus, the development of a system with non-destructive continuous condition monitoring of the car engine and its components, capable warning in advance of malfunctions, deviation from the normal mode of operation is quite an important task.

Key words: *acoustic signal, wavelet, Fourier transform, malfunction of mechanical system, piston engine.*

Тирон-Воробьёва Н.Б.

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»

Данилян А.Г.

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»

Романовская О.Р.

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»

СОВРЕМЕННАЯ «КОНЦЕПЦИЯ-ИССЛЕДОВАНИЕ» ПО ВОПРОСАМ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ БАЛЛАСТОМ В ЧЕРНОМОРСКИХ ПОРТАХ

У цій статті подано широке коло пояснень основних питань, пов'язаних із контролем занесення морських інвазивних видів (інвазії – чужорідні організми) через баластну воду, що скидається кораблями під час їх операцій у портах.

Показано роль Чорноморських портів у здійсненні допомоги судновласникам у прийнятті рішень із баластування/дебаластування морських суден. У статті запропоновано стратегічні критерії, що стосуються портів, а саме успіх судновласників до введених на новому рівні відповідних вимог Конвенції (ІМО) в питаннях демонтажу (переобладнання) існуючих суден (і будівництво нових) системами управління водним балластом. Увагу акцентовано на правилі D-2 Конвенції, що передбачає кількісне (також розмір) співвідношення інвазивних чужорідних видів, що потрапляють у баластні танки великотоннажних суден і скидаються у відкритий океанічний простір.

Показано стан чорноморських країн щодо управління водним балластом згідно з Міжнародною конвенцією (Міжнародна морська організація ІМО).

Відповідно, тільки під час прогнозування морських далеких перевезень (а саме у ті світові країни, які «підписалися» під Конвенцію) можна з упевненістю говорити про подальші інвестиції-вкладення в порти світу, що погоджували основні моменти з переобладнання великотоннажних суден системами управління водним балластом.

У статті показано щорічний скид потенційно небезпечної баластної води в порту Констанца (7,6 млн. Тонн). Крім того, окреслена окрема вибірка небезпечних чужорідних організмів у Чорному морі (статистично); а також річний звіт про експорт тоннажу з Чорноморських портів. Показано, що навіть якщо на судах встановлено належні системи управління баластною водою, вони можуть їх не використовувати, щоб уникнути невиправданих витрат.

Ключові слова: баластні води, загроза морських суден, інвазії, Чорне море, порти, вплив, морське середовище.

Состояние (постановка) проблемы в общем виде и её связь с важными научными или практическими заданиями. Обширный круг вопросов, связанных с системами по управлению водными ресурсами, является реальностью. Только тремя из шести соседних стран в бассейне Чёрного моря подписана в 2004 году ратификация согласно Международной конвенции по регулированию судового балласта (the International Convention on Management of Ships' Ballast Water and Sediments). В сущности, это Конвенция по управлению водным балластом, содержащая положения, касающиеся управления балластными водами в процессе судоходства через общий набор правил.

В последние годы в Чёрном море увеличились морские перевозки, требующие подходящих

(соответствующих) мер по обеспечению безопасности судоходства и охраны окружающей среды. Чрезвычайно важной является информация относительно прогноза «состояния моря» или других природных явлений, влияющих на море. Точнее говоря, транспортная безопасность чрезвычайно важна. Хотя распространение (превышение) волн в Чёрном море значительно меньше, чем в открытом океане, иногда бывают очень сильные штормы, генерируемые волнами, которые сравнимы даже с высокими океанскими [1–3].

Морские «операции» обычно очень динамичны в прибрежных районах [4], вблизи крупных портов; с другой стороны, некоторые прибрежные секторы очень опасны для плавания, например, те, которые находятся вблизи устья реки Дунай [5; 6].

Все суда должны иметь достаточную остойчивость в море. Для управления ею используется балласт, поддерживающий соответствующую осадку судов. Балласт определяется как форма баланса объекта – это нежелательный элемент, но эффективность доставки большинства грузов требует его использования. На военно-морском флоте балласт когда-то появился в твердой форме (камни, металлы и другие материалы).

Когда судостроение достигло апогея (вершины), в качестве сырья была введена жидкая балластная форма. Такой жидкий балласт был быстро принят из-за более низкой стоимости и времени обработки воды в корабельные танки (ёмкости). Балласт для судов выполняет несколько задач по выгрузке груза:

1. Создает оптимальную осадку для коррекции оперативности гребного винта.
2. Изменяет (возмещает, компенсирует) дифферент, сокращая эксплуатационные расходы.
3. Уменьшает структурное напряжение, возникающее в результате неравномерного распределения массы/веса по длине судна.
4. Улучшает устойчивость судна.

Анализ последних исследований и публикаций. Многие страны поняли важность ограничения трафика от глобализации опасных видов и патогенов из одного географического района в другой [7; 8], однако Европейский Союз (ЕС) еще не принял действующее положение для всех стран [9]. Из шести стран, граничащих с Чёрным морем, две страны были членами ЕС с 2007 года. Болгария и Румыния являются странами, которые не подписали Конвенцию (табл. 1).

На фоне приближающейся техногенной катастрофы Чёрного моря в Украине Кабинет Министров отменил контроль изолированных балластных вод в портах (постановление от 27 марта 2019 г.) с целью снижения коррупционной составляющей при контроле судов экологическими службами портов. На первый взгляд, данное постановление отвечает международным нормам контроля балластных вод, которые в 2015 году были отменены во всем цивилизованном мире. К сожалению, Украина не пошла по пути электронного контроля, оставив открытым вопрос защиты от чужеродных инвазий своих территориальных вод.

Конвенция не ратифицирована в Чёрном море, хотя известно, что существует прецедент в этой морской среде, связанный с инвазивными видами, оказывающими серьезное экологическое влияние (воздействие) в отношении морской водной флоры и фауны [10]. На повестке дня последней

конференции, состоявшейся в Лондоне, сессии Международной морской организации, Комитет по защите морской среды (ИМО МЕРС (Marine Environment Protection Committee)) 71 также поднял проблему вредных (опасных, чужеродных) видов в балластной воде. Было решено, что начиная с сентября 2017 года будут переоборудованы все новые суда с помощью установки систем очистки балластных вод (систем управления водным балластом – СУБВ). Для судов, которые уже были задействованы до сентября 2017 года, в зависимости от графика (плана) следующего обязательного докования, установлено требование (правило D-2 Конвенции) для того, чтобы придерживаться новых процедур, регулирующих управление балластной воды, соблюдая её очистку.

Таблица 1

Состояние черноморских стран в отношении управления водным балластом согласно Международной конвенции (Международная морская организация ИМО)

По состоянию на 28 июля 2017 г.	«Ballast Water»* (2004 г.)
Болгария	нет
Грузия	да
Румыния	нет
Россия	да
Турция	да
Украина	нет

«Ballast Water»* – балластная вода

В связи с тем, что не все суда смогут осуществлять функциональную очистку балластных вод, применяя для этого новейшее оборудование (СУБВ), в целях поддержания рентабельности портам (в частности, судовладельцам) Чёрного моря придется инвестировать в новые СУБВ (т. е. «возможность-увеличение» стать более привлекательными в качестве пунктов назначения для большего числа коммерческих судов).

Формирование целей статьи. Целью данной работы является разработка тематического исследования, которое касается вопросов по улучшению водяного балласта (управлению водным балластом – УБВ) в портах Чёрного моря.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием достигнутых научных результатов.

1. Инциденты, связанные с передвижением опасных вредных видов в результате глобального движения балластных вод: инвазивные виды – это те организмы, которые антропогенно вводятся в

новую среду обитания, где они могут адаптироваться, размножаться и распространяться, нанося ущерб природным системам этой среды, а также её хозяйственной деятельности. Что касается Черноморского бассейна и румынского побережья, то различными исследованиями показаны «неместные виды», которые проникли в этот район [10; 11] (рис. 1).

В 1980-х годах Чёрное море столкнулось с медузой *Mnemiopsis leidyi*, которая загронула всю трофическую цепь в этой морской экосистеме [11], что привело к серьезным губительным экономическим последствиям: согласно специальным исследованиям, потери для рыбной промышленности составили бы около 200 миллионов долларов (в 1997 году только для Чёрного моря).

Ситуация в Чёрном море, естественно, улучшилась с появлением нового инвазивного вида *Beroe ovata*, хищника, который питается другими медузами (выявлено в 1998 году, согласно информации, представленной на рис. 1).

Наш Черноморский бассейн становится плацдармом переселений инвазий из других водных ресурсов планеты. Обнаружены новые виды пришельцев: многощетинкового червя – полихета *Streblospio sp.* (впервые был обнаружен в Новороссийском порту в 2001 г., в устье реки Цемес с численностью 980 экз./м²). Наблюдается большое количество средиземноморской копеподы-вселенца – циклопоидной *Oithona davisae*. Все эти инвазии появились в Чёрном море в связи с постоянным «перемещением» балластных вод судов. Миграция чужеродных организмов из портов Чёрного моря обеспечивается поверхностными течениями [12]. Эти водные потоки создают условия для ускоренного распространения местных организмов-приспособленцев к другим потокам, занимая очень большие площади. Такие факторы создают вероятность агрессивного распространения видов, находящих благоприятную среду для размножения в Чёрном море. С другой стороны, повышение уровня моря может привести к изме-

нению количества воды, сбрасываемой в качестве балласта. Это, в свою очередь, приведёт к увеличению количества образцов перевозимых инвазивных видов.

2. Порты Чёрного моря.

Морское движение в Чёрном море в основном происходит между портами Констанца, Одесса, Новороссийск, Самсун, но также и от Средиземного моря, через пролив Босфор.

Основным фактором, представляющим угрозу для Чёрного моря с точки зрения «агрессивной морской жизни», является позитивная экономическая практика (желательна для всех государств Черноморского региона), связанная с экспортом товаров. Кроме того, экспорт продукции, осуществляемый дальними водными путями, превышает территорию Чёрного моря. Опасность возникает в тех случаях, когда для перевозимых экспортируемых товаров используемые суда балластируются водой из других географических районов. Поэтому балластные суда, заходящие в Черноморские порты, обязаны сбрасывать воду из балластных танков во время загрузки товаров (груза). Вода из других географических районов, кроме Чёрного моря (если не обрабатывать её перед сбросом), может принести с собой патогенные элементы (инвазии), которые могут создавать пандемии экосистемы в морской среде [13].

Вследствие этого предлагается диаграмма (определённые критерии) «стратегии портов»: создание портовых сооружений (увеличение); исходя из предпосылки, что не все судовладельцы преуспеют или не смогут привести весь свой флот судов к стандартам, установленным ИМО, порты Чёрного моря должны прийти им на помощь. Проведение модернизации всего «морского парка» подразумевает довольно высокую финансовую доступность, и большинство владельцев таких судов будут стремиться к наращиванию (задерживанию) таких привлекательных инвестиций.

Так как большинство ответов-решений по демонтажу судов существуют на рынке, устройства

Таблица 2

Годовой отчёт об экспорте тоннажа из Черноморских портов

Порты/ экспорт • 000 тонн	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Констанца	16,195	16,280.8	21,176.3	21782.4	19,439.4	21,631.8
Одесса					19,020.88	18,999.06
Новороссийск				64,137.6	66,259.8	68,460.6
Самсун	553.52	725.78	770		790	800
Всего					105,510.1	109,891.5

Species	Origin	Ecological Type	First Mention	Status and Ecological Impact
<i>Rathkea octopunctata</i>	Atlanto-Mediterranean	plankton	1959	Casual. Insignificant ecological impact.
<i>Mnemiopsis leidyi</i>	North Atlantic	plankton	1987	Established. Species with major ecological impact on plankton and nekton communities
<i>Beroe ovata</i>	North Atlantic	plankton	1998	Established. Predator specialized on <i>Mnemiopsis</i> . Major impact.
<i>Rapana venosa</i>	Indo-Pacific	benthos	1963	Established. Radical changes in benthic native communities.
<i>Anadara (Scapharca) inaequivalvis</i>	Indo-Pacific	benthos	1984	Established. Radical changes in benthic communities. Dominant species.
<i>Mya arenaria</i>	North Atlantic	benthos	1968	Established. Radical changes in benthic communities. Dominant species.
<i>Neocalanus gracilis</i>	Pacific	plankton	1979	Established. Impact unknown.
<i>Mesocalanus tenuicornis</i>	Cosmopolite	plankton	1979	Established. Impact unknown.
<i>Paracalanus aculeatus</i>	Cosmopolite	plankton	1979	Established. Impact unknown.
<i>Paracalanus nanus</i>	Cosmopolite	plankton	1979	Established. Impact unknown.
<i>Calocalanus pavo</i>	Cosmopolite	plankton	1979	Established. Impact unknown.
<i>Calocalanus plumulosus</i>	Cosmopolite	plankton	1979	Established. Impact unknown.
<i>Calocalanus arcuicornis</i>	Cosmopolite	plankton	1979	Established. Impact unknown.
<i>Ctenocalanus vanus</i>	Cosmopolite	plankton	1979	Established. Impact unknown.
<i>Microsetella rosea</i>	Cosmopolite	plankton	1960	Established. Impact water.
<i>Corycaeus furcifer</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Corycaeus clausi</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Corycaeus (Agetus) typicus</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Corycaeus (Agetus) flaccus</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Calocalanus pannonius</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Calocalanus tenuis</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Oncaea mediterranea</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Oncaea minuta</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Oncaea dentipes</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Euterpina acutifrons</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Neocalanus gracilis</i>	Cosmopolite	plankton	NA	Established. Impact unknown.
<i>Mecynocera clausi</i>	Cosmopolite	plankton	1979	Established. Impact unknown.
<i>Pontella mediterranea</i>	Atlanto-Mediterranean	plankton	NA	Established. Impact unknown.

Рис. 1. Чужеродные инвазивные виды в Чёрном море (отбор)

для очистки балластных вод следует прогнозировать только для будущих инвестиций. Поэтому только прогноз потребностей в типе услуг, которые порт может предложить прибывающим загруженным судам, может быть доступен и осуществлён.

Из порта Констанца, который является самым важным европейским черноморским портом, общий объём экспорта составляет 17,2% от общего количества, рассчитанного для четырех основных портов, рассмотренных в таблице 2.

Таким образом, 17,2% балластной воды (44 млн. тонн), «привезенной» судами, перевозящими товары для экспорта из Чёрного моря, достигает порта Констанца. Ежегодно в порт сбрасывается 7,6 млн. тонн потенциально опасной балластной воды.

Приблизительно 15% судов в Чёрном море были построены (демонтированы) после января

2010 г. [14]. Однако это не гарантирует, что указанные корабли установили или используют новейшие СУБВ. Это связано с тем, что Конвенция принята не во всех странах.

Таким образом, даже если на судах установлены надлежащие СУБВ, они могут их не использовать, чтобы избежать неоправданных расходов.

Выводы.

Согласно настоящему исследованию необходимо принять политику против неконтролируемых выбросов балластной воды в бассейне Чёрного моря. Это должно стать приоритетом во внешней политике шести соседних стран. Риск нового эпизода, подобного эпизоду из 1980-х годов, довольно велик, поэтому должна быть проведена серьезная работа, чтобы предотвратить повторение истории. Кроме того, порты Чёрного моря должны будут обратиться к судовладельцам и судоходным компаниям с новыми мощностями,

чтобы удовлетворить новые потребности рынка и взять на себя финансовое бремя судовладельцев для того, чтобы направить инвестирование в модернизацию флотов с системами очистки балластных вод. Такой подход позволит активизировать морской трафик, который будет поддерживать рентабельность соответствующих портов. В частности, Средиземное море, которое связано с

Чёрным морем через пролив Босфор, имеет региональную стратегию, касающуюся управления балластными водами и, соответственно, инвазивными видами судов [15]. Наконец, каждое принятое решение после технико-экономического обоснования должно также основываться на «многосценарном прогнозе» для облегчения технико-экономической оптимизации.

Список литературы:

1. Rusu L., Bernardino M., Guedes Soares C. Wind and wave modelling in the Black Sea. *J. Oper. Oceanogr.*, 2014. 7. P. 5–20.
2. Onea F., Raileanu A., Rusu E. Analysis of extreme wind and wave conditions in the Black Sea, as reflected by the altimeter measurements. *Mech. Test. Diagn.* 2016. 6. P. 5–12.
3. Rusu L., Butunoiu D., Rusu E. Analysis of the extreme storm events in the Black Sea considering the results of a ten-year wave hindcast. *J. Environ. Prot. Ecol.* 2014. 15. P. 445–454.
4. Rusu L., Guedes Soares C. Forecasting fishing vessel responses in coastal areas. *J. Mar. Sci. Technol.* 2014. 19. P. 215–227.
5. Ivan A., Rusu E. Assessment of the Navigation conditions in the coastal sector at the entrance of the Danube Delta. In *Proceedings of the 12th Surveying Geology & Mining Ecology Management (SGEM) International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Albena, Bulgaria, 17–23 June 2012, Volume III*, pp. 935–942.
6. Rusu L. Application of numerical models to evaluate oil spills propagation in the coastal environment of the Black Sea. *J. Environ. Eng. Landsc. Manag.* 2010. 18. P. 288–295.
7. Williams R.J., Griffiths F.B., Van derWal E.J., Kelly J. Cargo vessel ballast water as a vector for the transport of non-indigenous marine species. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 1988. 26. P. 409–420.
8. Liu T.K., Chang C.H., Chou M.L. Management strategies to prevent the introduction of non-indigenous aquatic species in response to the Ballast Water Convention in Taiwan. *Mar. Policy* 2014. 44. P. 187–195.
9. Boyes S.J., Elliott M., Murillas-Maza A., Papadopoulou N., Uyarra M.C. Is existing legislation fit-for-purpose to achieve Good Environmental Status in European seas? *Mar. Pollut. Bull.* 2016. 111. P. 18–32.
10. Gomoiu M.T., Alexandrov B., Shadrin N., Zaitsev Y. The Black Sea – A recipient, donor and transit area for alien species. In *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2002, pp. 341–350.
11. Shiganova T. Ponto-Caspian: Invasions. In *Encyclopedia of Biological Invasions*, 3rd ed.; *Encyclopedia of the Natural World*, No. 3; Simberloff D., Rejmanek M., Eds., University of California Press: Berkeley/Los Angeles, CA, USA, 2011, pp. 549–556. ISBN 978-0-520-26421-2.
12. Jernelov A. The Warty Comb Jelly in the Black Sea. In *The Long-Term Fate of Invasive Species*; Springer: Cham, Switzerland, 2017; pp. 261–278. ISBN 978-3-319-55396-2.
13. Onwuegbuchunam D.E., Ebe T.E., Okoroji L.I., Essien A.E. An Analysis of ship-source marine pollution in Nigerian seaports. *J. Mar. Sci. Eng.*, 2017, 5, 39.
14. North-Western Shipping Company. Available online: <http://www.nwship.com/en/> (accessed on 6 September 2017).
15. United Nations Environment Programme. United Nations Environment Programme. Decision IG. 20/11, Regional strategy addressing ship's ballast water management and invasive species. In *Proceedings of the 17th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and Its Protocols*, Paris, France, 8–10 February 2012.

Tiron-Vorobyova N.B., Danilyan A.H., Romanovska O.R. MODERN “CONCEPT-RESEARCH” ON WATER BALLAST MANAGEMENT IN BLACK SEA PORTS

This article provides an extensive circle of explanations of the main issues related to the control of the introduction of marine invasive species (invasions – alien organisms) through ballast water discharged by ships during their operations in ports.

The role of the Black Sea ports in assisting shipowners in making decisions on ballasting/deballasting of sea vessels is shown. The article proposes strategic criteria for ports, namely, the success of shipowners to the requirements of the Convention (IMO) introduced at a new level in the dismantling (conversion) of existing ships (and the construction of new) ballast water management systems. Attention is focused on Standard (demand) (D-2 of the Convention, which provides for the quantitative (also size) content of invasive alien species that enter ballast tanks of large vessels and are dumped into the open oceanic space.

The state of the Black Sea countries in relation to ballast water management according to the International Convention (International Maritime Organization IMO) is shown.

Accordingly, only when forecasting long-distance maritime transport (namely, to those world countries that have “signed” under the Convention), we can confidently talk about further investment investments in ports of the world that have agreed on the main points for the conversion of large vessels with ballast water management systems.

The article shows the annual discharge of potentially hazardous ballast water in the port of Constanta (7.6 million tons). In addition, a separate sample of dangerous alien organisms in the Black Sea is outlined (statistically); as well as the annual report on the export of tonnage from the Black Sea ports.

It is predetermined that even if the ships have proper ballast water management systems installed, they may not use them to avoid unjustified expenses.

Key words: *ballast water, threat of sea vessels, invasions, Black Sea, ports, impact, marine environment.*

Хаврук В.О.

Національний транспортний університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ТА НОМЕНКЛАТУРИ АВТОМОБІЛЬНИХ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

У статті наводиться характеристика методів визначення кількості автозапчастин, які спрямовані на підвищення ефективності управління складськими запасами станцій технічного обслуговування автомобілів.

Встановлено, що усі методи визначення потреби в автомобільних запасних поділяються на три групи: за номенклатурними нормами; за фактичним ринковим попитом; змішаний метод. Приблизна кількість автозапчастин для спеціалізованих СТОА та центральних складів (дилерів) визначається на основі кількості автомобілів певної марки і норм витрат запчастин на конкретну модель автомобіля.

Кількість окремих запчастин, щодо яких є чітко визначений ресурс роботоздатності, залежить від інтенсивності експлуатації – пробігу автомобіля.

З'ясовано, що для визначення кількості запчастин за ресурсом їх роботоздатності застосовуються приблизний (середня кількість запчастин) та уточнений (з використанням законів розподілу ресурсів) методи.

Розглянуті два методи визначення кількості необхідних запчастин, які ґрунтуються на елементах теорії ймовірностей: перший – на основі математичного очікування, середньоквадратичного відхилення ресурсу деталі; другий – на основі квантиля нормального розподілу ресурсів за заданою ймовірністю.

Представлений один із експериментальних методів визначення питомих витрат на запасні частини по агрегатах і системах автомобіля за сумарним параметром потоку відмов.

Наведені залежності для обчислення номенклатурних норм витрат запчастин за такими методами: аналітичний, наближена оцінка ресурсу до першої заміни, середня кількість замін деталей за строк служби автомобіля (агрегату), середня кількість замін деталей за строк служби автомобіля (агрегату) з урахуванням варіації ресурсу деталей.

Вказана послідовність отримання формули для визначення оптимального обсягу замовлення для моделі Вільсона (EOQ).

Обґрунтована необхідність розподілу номенклатури запасних частин на групи за величиною попиту на прикладі автовиробника Renault. Для СТОА рекомендовано застосовувати загальнопоширені стратегії управління і контролю рівня запасів – з постійним обсягом постачань та з постійним інтервалом постачань.

Результати статті можуть бути використані на початкових етапах розробки системи управління запасами суб'єктами підприємницької діяльності, які діють на ринку автосервісних послуг.

Ключові слова: *автомобіль, витрата, деталь, група, замовлення, запас, запасна частина, кількість, метод, номенклатура, обсяг, потреба, продаж, ресурс, розподіл, стратегія, управління.*

Постановка проблеми. Репутація будь-якої станції технічного обслуговування автомобілів (СТОА) на автосервісному ринку визначається власниками автомобілів, які на практиці змогли виробити для себе думку щодо рівня надання сервісних послуг. У структурі «задоволеності» роботою СТОА для власників автомобілів важливе місце має фактор тривалості проведення автосервісних послуг, який залежить, зокрема, і від наявності необхідних для ремонту запасних частин. Універсальні СТОА здійснюють ремонти автомобілів широкого модельного ряду, при цьому утримання великих складських запасів автозапчастин є економічно недоцільним. Отже, з одного боку, відсутність необхідних для ремонту запасних частин призводить до збільшення тривалості

ремонту або до «втрати» потенційного замовника автосервісної послуги, а з іншого боку, надмірні складські запаси хоча і зменшують «втрати» замовників автосервісу, але збільшують поточні витрати на підтримання запасів автозапчастин. Для автотранспортних підприємств підтримання рухомого складу в технічно справному стані є першочерговим завданням, при цьому оперативність проведення ремонту залежатиме від наявності запасних частин на складі підприємства.

Зважаючи на ці обставини, питання визначення потреби в автозапчастинах для СТОА та автотранспортних підприємств з метою підвищення їх ефективності є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що проблеми визначення потреби в запасних

частинах і управління їх запасами є важливими в контексті підвищення ефективності СТОА та автотранспортних підприємств. Зокрема, цю проблематику розглянуто в роботах О.В. Агафонова [1], Є.П. Блюдова [14; 15], В.В. Волгіна [4; 5], Є.С. Кузнецова [6; 7], Є.І. Кривенко [8], Г.М. Напольського [9], А.А. Таджибаєва [8; 10], В.К. Толкачова [11], Ю.М. Фролова [6; 9], О.І. Хлявича [12] та ін.

Як показують дослідження, автори не досить однозначно розглядають проблему запасів автозапчастин і пропонують свої шляхи та рекомендації щодо її вирішення. Зважаючи на це, необхідно узагальнити методи визначення потреби в запасних частинах та додатково здійснити аналіз систем управління запасами, які використовуються в автосервісі.

Постановка завдання. З'ясувати, які існують методи визначення потреби в запасних частинах та здійснити аналіз систем управління запасами СТОА та автотранспортних підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення потреби (кількості і номенклатури) в автомобільних запасних частинах є багато методів. Умовно всі методи можна розділити на три групи [1, с. 14–15]:

– за номенклатурними нормами, що встановлюють середню річну витрату конкретної деталі на 100 автомобілів на рік. Основою для визначення номенклатурних норм є дані по надійності деталей і методу їх розрахунку потреб [6, с. 332–334]. Зазвичай номенклатурна норма розраховується для певних еталонних умов. Цей метод використовують автовиробники для визначення обсягу виробництва запасних частин для автомобілів, які перебувають в експлуатації. СТОА та автотранспортні підприємства також можуть використати цей метод для розрахунку потреби в запасних частинах, а у разі відсутності таких норм за фактичної потреби;

– за фактичним ринковим попитом на запасні частини (потіку вимог), які належним чином збираються, систематизуються та аналізуються. Такі методи дозволяють отримувати найбільш точні результати про дійсну потребу в автомобільних запасних частинах. Але для збору інформації потрібно деякий період часу (зазвичай не менше року);

– змішаний метод, що передбачає комбінацію перших двох.

Для спеціалізованих СТОА, які здійснюють ремонт визначених марок автомобілів та автотранспортних підприємств, приблизну кількість автозапчастин можливо визначити, використавши

метод, який більш прийнятним є для автотранспортних підприємств, а саме на основі залежності [1, с. 15; 6, с. 335]:

$$P_{зи} = \frac{H \cdot A}{100} \cdot \kappa_n \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3, \quad (1)$$

де H – номенклатурна норма витрати деталі, шт. на 100 автомобілів на рік; A – наявна кількість автомобілів, шт.; κ_n – коефіцієнт, що враховує відхилення середньорічного пробігу автомобіля від пробігу, закладеного в норму; шт.; $\kappa_n, \kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$ – коефіцієнти, що враховують умови експлуатації, модифікацію рухомого складу та природно-кліматичні умови.

Для розрахунку норм запасних частин за наявності центрального складу може бути використана наступна методика.

Поточна частина запасу [1, с. 16]:

$$Z_{ном} = \frac{A \cdot N \cdot t_{cp}}{36000}, \quad (2)$$

де A – облікова кількість автомобілів у районі розташування складу, шт.; N – норма витрати запасних частин, шт./100 авт. на рік; t_{cp} – середній інтервал між постачаннями, дні.

Страхова (гарантована) частина [1, с. 16]:

$$Z_{cmp} = \frac{A \cdot N \cdot \sigma}{36000}, \quad (3)$$

де $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2}{n-1}}$ – середньоквадратичне відхилення інтервалу постачання, дні; t_i – інтервал між двома постачаннями, дні; n – кількість постачань за певний період.

Норма запасу розраховується у вигляді максимального ($Z_{макс}$) і мінімального ($Z_{мін}$) рівнів [1, с. 16]:

$$Z_{макс} = Z_{ном} + Z_{cmp} = \frac{A \cdot N}{36000} \cdot (t_{cp} + \sigma) \quad (4)$$

$$Z_{мін} = Z_{cmp} = \frac{A \cdot N}{36000} \cdot \sigma \quad (5)$$

Таким чином, у цьому методі були введені основні розрахункові залежності нормування запасів на СТОА та автотранспортних підприємствах, які мають вид:

$$\begin{aligned} Z_{макс} &= Z_{ном} + Z_{cmp} \\ Z_{мін} &= Z_{cmp} \end{aligned}$$

Подальший розрахунок нормативів запасів здійснювався за формулами [1, с. 16]:

$$Z_{\max} = \frac{P_{\text{СТОА}} \cdot N}{36000} \cdot (q_{\text{ном}} + q_{\text{смп}}), \quad (6)$$

$$Z_{\min} = \frac{P_{\text{СТОА}} \cdot N}{36000} \cdot q_{\text{смп}}, \quad (7)$$

де $P_{\text{СТОА}}$ – кількість автомобілів, що припадає на дану СТОА, шт.; N – норма витрати деталі, шт./100 авт. на рік; $q_{\text{ном}}$ – поточна частина нормативу запасу, дні. Для невеликих територій приймається рівна із розрахунку 7-ми денного запасу. Для великих територій приймається рівною 2-м або 4-м тижням. $q_{\text{смп}}$ – страхова частина нормативу запасу, дні. Зазвичай приймаються 2 дні.

Визначення $P_{\text{СТОА}}$ здійснюється за наступною залежністю [1, с. 17]:

$$P_{\text{СТОА}} = \frac{P_{\text{авт}} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot X_{\text{СТОА}}}{X_{\text{авт}}}, \quad (8)$$

де $P_{\text{авт}}$ – кількість легкових автомобілів, що належать власникам, на яких застосовується ця деталь, шт.; $X_{\text{авт}}$ – кількість постів, що обслуговують цю марку автомобілів, шт.; κ_1 – коефіцієнт, що враховує чисельність власників легкових автомобілів, що користуються послугами СТОА; κ_2 – частка запасних частин, що витрачаються через послуги в СТОА.

Є.І. Кривенко в роботі [8] визначив середню кількість запасних частин [1, с. 17]:

$$Z_{\text{сеп}} = \Lambda L = \frac{L_H}{L}, \quad (9)$$

де Λ – параметр потоку відмов, 1/тис.км; L – пробіг, тис. км; L_H – напрацювання на відмову, тис. км середньої кількості витратних деталей за пробіг автомобіля.

Також був запропонований уточнений метод визначення запасу Z_p на складі автотранспортного підприємства, що забезпечує заданий рівень безвідмовної роботи автомобіля на основі залежності [1, с. 17]:

$$Z_p \geq \frac{L}{T_0} + X_\alpha \cdot \frac{\delta \sqrt{L}}{T_0^{3/2}}, \quad (10)$$

де L – пробіг, тис. км; T_0 – середній строк служби деталей, тис. км; X_α – квантиль нормального розподілу ресурсів; δ – середньоквадратичне відхилення ресурсу деталі, тис. км.

М.Н. Бідняк і Х.М. Тахтамишев витрату запасних частин на один автомобіль обчислюють з певною ймовірністю на запланований період часу за формулою залежності [13, с. 20–22]:

$$n = n_2 - n_1, \quad (11)$$

$$n_2 = \frac{T_2 - \tau \delta}{\mu}, \quad (12)$$

$$n_1 = \frac{T_1 - \tau \delta}{\mu}, \quad (13)$$

де n – кількість необхідних деталей, шт.; n_2 – кількість необхідних деталей в кінці запланованого періоду, шт.; n_1 – кількість необхідних деталей на початку запланованого періоду, шт.; T_1 – напрацювання автомобіля на початок запланованого періоду, тис. км; T_2 – напрацювання автомобіля на кінець запланованого періоду, тис. км; τ – ступінь точності обчислень; μ – математичне очікування ресурсу деталі, тис. км; δ – середньоквадратичне відхилення ресурсу деталі, тис. км.

О.І. Хлявич у роботі [12] для розрахунку потреби СТОА в запасних частинах пропонував використати комбінацію нормативних методів і реальної витрати деталей на автосервісних підприємствах. При цьому основний акцент робився на реальні показники витрат запасних частин. Тільки у разі відсутності даних по певному найменуванню деталі автор пропонував використати нормативні показники.

Запланована питома потреба запасних частин K_{III} визначається за формулою [1, с. 19]:

$$K_{III} = K_{IIOP} \cdot \eta_{II}, \quad (14)$$

де K_{IIOP} – нормативна потреба в запасних частинах, шт.; η_{II} – коригуючий коефіцієнт нормативної потреби з урахуванням фактичної витрати за попередній період.

Визначення потреби в запасних частинах на СТОА за даним методом передбачає їх гарантовану наявність, що враховується рівнем ймовірності α , для кількості обслуговуваних автомобілів A_{III} , тому формула приймає вид [1, с. 19]:

$$Q = \sum_{i=1}^m A_{III} K_{III} + U_\alpha \sqrt{\sum_{i=1}^m A_{III} K_{III}}, \quad (15)$$

де A_{III} – кількості обслуговуваних автомобілів, шт.; U_α – квантиль нормального розподілу ресурсів за заданої ймовірності α .

А.А. Таджибаєв [10] встановлював кількість запчастин для потреб автосервісних підприємств, проводячи разове обстеження груп автомобілів з різним пробігом на СТОА. Під час проведення експериментальної роботи автор збирав, аналізував дані про відмови систем і агрегатів автомо-

біля, визначав параметр потоку замін. При цьому відмова окремого елемента системи автомобіля прирівнювалася до відмови деталі загалом, і всі потоки відмов окремих елементів склалися в один сумарний параметр потоку відмов. За відомої вартості окремих деталей визначалися питомі витрати на запасні частини по агрегатах і системах автомобіля $C_{3.н.}^S(L)$ за формулою [1, с. 20]:

$$C_{3.н.}^S(L) = \sum_{j=1}^M C_{3.н.}^S(L) = \sum_{j=1}^M \omega_j^S(L) \cdot C_j, \frac{2PH}{1000 \text{ км}} \quad (16)$$

і для автомобіля в цілому за формулою [1, с. 20]:

$$C_{3.н.}^A(L) = \sum_{S=1}^N C_{3.н.}^S(L) = \sum_{S=1}^N \sum_{j=1}^M \omega_j^S(L) \cdot C_j, \frac{2PH}{1000 \text{ км}}, \quad (17)$$

де $\omega_j^S(L)$ – параметр потоку замін j -ї деталі, що належить до S -го агрегату або системи автомобіля; C_j – вартість j -го елемента залежно від пробігу автомобіля (питома вартість); N – кількість агрегатів і систем автомобіля; M – кількість деталей і елементів в агрегаті автомобіля.

Керівники служб забезпечення на СТОА вітчизняних автомобілів використали для визначення кількості запасних частин номенклатурні довідники, в яких були вказані норми витрати деталей, розраховані на 100 автомобілів. Знаючи обсяг обслуговуваних сервісним підприємством автомобілів, керівники служб могли обчислити необхідну потребу. Своєю чергу номенклатурні норми обчислювалися наступними методами:

– аналітичним методом – за допомогою відповідної функції потоку відмов або замін [6, с. 94]:

$$H_I = \frac{\Omega(t)}{t} \cdot 100, \quad (18)$$

де $\Omega(t)$ – ведуча функція відмов або замін; t – період випробувань;

– за наближеною оцінкою ресурсу до першої заміни [6, с. 94]:

$$H_{II} = \frac{L_p}{\eta L_1} \cdot 100, \quad (19)$$

де L_p – середньорічний пробіг автомобіля; L_1 – ресурс до першої заміни деталей; η – коефіцієнт відновлення ресурсу;

– за середньою кількістю замін деталей за строк служби автомобіля (агрегату) [6, с. 94]:

$$H_{III} = \frac{100}{\eta} \left(\frac{L_p}{L_1} - \frac{1}{t_a} \right), \quad (20)$$

де t_a – строк служби автомобіля (агрегату);

– за середньою кількістю замін деталей за строк служби автомобіля (агрегату) з урахуванням варіації ресурсу деталей [1, с. 21; 6, с. 95]:

$$H_{IV} = \frac{100}{t_a} \left[\frac{L_p t_a - L_1}{\eta L_1} + 0,5 \left(\frac{v^2}{\eta} + 1 \right) \right], \quad (21)$$

де v – коефіцієнт варіації.

В.А. Трикозюк [14] наводить метод визначення середньої витрати запасних частин конкретного найменування, у якому розрахована формула враховує параметри, що характеризують технічний стан автомобіля, дорожні та природно-кліматичні умови експлуатації [15, с. 43]:

$$Z_{CP} = K_n \cdot K_v \cdot K_3 \cdot \lambda_{max} \cdot \Sigma L, \quad (22)$$

де λ_{max} – інтенсивність відмов; L – середній пробіг всіх автомобілів; K_n, K_v, K_3 – коефіцієнти, що враховують дорожні умови, кліматичні умови (сезонність), запас запасних частин.

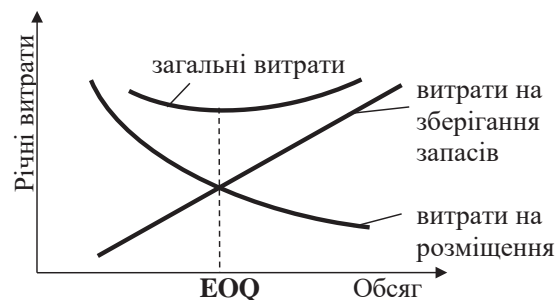


Рис. 1. Визначення оптимального обсягу замовлення запасних частин

Для управління запасами і мінімізації витрат, пов'язаних із здійсненням замовлення і зберіганням автомобільних запасних частин, в системі постачань зазвичай використовують математичну модель Вільсона, або EOQ (Economic order quantity) [1, с. 32; 6, с. 340] (рис. 1).

Формула оптимального обсягу замовлення для окремої автозапчастини може бути представлена як точка мінімуму наступної функції витрат: загальні витрати = витрати на закупівлю + витрати на розміщення замовлення + витрати на зберігання, що відповідає:

$$TC(Q) = P \times R + \frac{C \times S}{Q} + \frac{P \times F \times Q}{2}, \quad (23)$$

Взявши похідні від обох частин рівняння та прирівнявши вираз до нуля, одержимо:

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = \frac{d}{dQ} \left(P \times R + \frac{C \times S}{Q} + \frac{P \times F \times Q}{2} \right) = 0, \quad (24)$$

одержимо:

$$\frac{P \times F}{2} - \frac{C \times S}{Q^2} = 0, \quad (25)$$

вирішивши рівняння (25) відносно Q , одержимо:

$$Q^2 = \frac{2 \times C \times S}{P \times F} \Rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2 \times C \times S}{P \times F}} = \sqrt{\frac{2 \times C \times S}{H}}, \quad (26)$$

де Q^* , EOQ (Economic Order Quantity) – оптимальний обсяг замовлення, од.; S – витрата (попит) запасної частини за період часу (рік, місяць), од.; H – витрати на зберігання одиниці запчастини, грн.; C – витрати на розміщення замовлення (не залежить від величини замовлення), грн.; P – витрати на закупівлю одиниці автозапчастини, грн.; F – коефіцієнт витрат на зберігання запасу певної запчастини; частка витрат на покупку запчастини, що використовується як витрати на зберігання (зазвичай 10–15%, хоча за певних обставин може встановлюватися на рівні від 0 до 1).

Розрахунок оптимального обсягу замовлення може здійснюватися за формулою (26) як для окремої деталі, так і для групи запасних частин, відібраних за різними критеріями, такими як вартість, оборотність, рівень попиту тощо.

Розподіл номенклатури запасних частин на групи за величиною попиту виконується за встановленими критеріями на основі аналізу статистики продажів деталей за попередні роки. Компанія Volkswagen ділить номенклатуру запасних частин на шість груп. Французький автовиробник Renault поділяє номенклатуру на чотири групи за ознаками попиту (табл. 1) [1, с. 33; 4, с. 214].

Традиційно, автовиробники, у тому числі Saab, Volvo тощо, використовують класичний поділ номенклатури автозапчастин на три групи – А, В, С і рекомендують дотримуватися такого групування дилерам.

Окрім поділу номенклатури деталей на групи за величиною попиту, практикується розподіл за вартістю на основі встановлених певних цінних критеріїв відбору. Наприклад, на три групи:

X – деталі вартістю понад 100 \$, Y – деталі вартістю 10–100 \$, Z – деталі вартістю нижче 10 \$.

Номенклатурні групи визначаються шляхом застосування комп'ютерних програм на основі аналізу попиту і критеріїв відбору. Вони постійно коригуються експертами у зв'язку з дією таких чинників: зміна кількості автомобілів або їх конструкції, поява конкурентів, прояв масового дефекту тощо. За каталожними номерами деталей постійно закріплюються ознаки груп А, В, С та X, Y, Z, а також коефіцієнт оборотності за рік.

А.А. Таджикибаєв [8] наводить основні принципи, що діють в системі управління запасами на фірмі Renault:

- якщо на певну деталь буде зареєстровано менше трьох заявок щомісячно впродовж півроку, то її зберігання на складі СТОА є недоцільним;
- відповідність між середньою кількістю автозапчастин, придбаних покупцями, і числом найменувань запасних частин, що зберігаються на складі, повинно досягати максимального значення (рівень задоволення).

Управління і контроль рівня запасів автомобільних запасних частин прийнято здійснювати за двома стратегіями. Перша стратегія – управління запасами з постійним обсягом постачань. Ця система передбачає два основних правила:

- замовляти наступну партію, коли сума кількості наявного запасу і кількість постачання за останнім замовленням стануть нижчими від точки замовлення;
- замовляти партії деталей оптимального обсягу.

Дилери, що працюють за такою стратегією, дотримуються наступної послідовності дій під час підготовки замовлення:

- розраховується оптимальний обсяг замовлення з точки зору найбільшої знижки;
- розраховується рівень (точка) замовлення на основі очікуваного обсягу продажів за час очікування постачання і величини страхового запасу;
- складається документ для замовлення в день зниження запасу до кількості, встановленої як рівень (точка) замовлення.

Таблиця 1

Розподіл номенклатури запасних частин Renault [1, с. 33; 4, с. 214]

Група	Кількість найменувань	Частка в номенклатурі, %	Частка в обсязі продажів, %
A	1000	2,2	75
B	3000	6,7	20
C	6000	13,3	4
D	35000	77,8	1
Всього	45000	100,0	100

Вибір моменту залежить від реальної і прогнозованої ситуації – замовлені деталі можуть бути доставлені на декілька днів раніше або пізніше через дію випадкових чинників, таких як: необхідність заміни виду транспорту через погоду або які-небудь події.

Слід зазначити, що використовують таку стратегію для невеликих складів запасних частин і СТОА чисельністю постів менше восьми [1, с. 30].

Друга стратегія – управління запасами з постійним інтервалом постачань. Така система передбачає таку послідовність дій під час підготовки замовлення:

- встановлюється періодичність контролю запасів через постійний інтервал часу;
- розраховується величина необхідних запасів як сума кількостей, що продаються за період контролю запасів і за час очікування постачання;
- складається і виконується графік проведення контролю рівня запасів, наприклад, 10, 20 і 30 число кожного місяця;
- приймається рішення про обсяг замовлення – виписується кількість деталей, що необхідна для приведення кількості деталей до розрахункового необхідного запасу;
- замовлення висилається у встановлений графіком день.

Така модель управління замовленнями найчастіше використовується для здійснення замовлень великими регіональними або дилерськими складами (у тому числі складами великих СТОА кількістю більше 8 постів). Іноді в систему вводиться рівень страхового запасу.

У діяльності СТОА можливе поєднання двох моделей управління запасами (комбінована). Використання тої чи іншої моделі в СТОА перевіряється на практиці, протягом періоду часу (рік) і не завжди запроваджена система постачань буде відповідати очікуваним продажам запчастин. А тому проблема визначення необхідної кількості і номенклатури автозапчастин для суб'єктів ринку автосервісних послуг залишається невирішеною.

Висновки. Отже, для визначення кількості і номенклатури автомобільних запасних частин для СТОА на очікуваний період діяльності потрібно проводити аналіз інформації про фактичні витрати автозапчастин за попередні періоди (роки, місяці). Для підвищення ефективності управління запасами СТОА доцільно розробляти відповідні математичні моделі. У зв'язку з цим подальші дослідження проблеми визначення потреби автозапчастин для СТОА необхідно здійснювати у напрямі аналізу статистичної інформації та впровадження на її основі математичних моделей управління запасами.

Список літератури:

1. Агафонов А.В. Определение потребности дилерских станций технического обслуживания автомобилей в запасных частях и повышение эффективности управления запасами : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.22.10 Москва, 2003. 221 с.
2. Блюдов Е.П. К вопросу о нормировании расхода запасных частей. *Автомобильная промышленность*. Москва, 1971. № 9. С. 46–48.
3. Блюдов Е.П. Условия эксплуатации и нормирования запасных частей. *Надежность и ремонтпригодность машин*. Москва : Стандарты, 1971. С. 105–111.
4. Волгин В.В. Автобизнес. Техника, сервис, запчасти, логистика : в 2-х ч. Ч. 2. Москва : «Маркетинг», 2003. 428 с.
5. Волгин В.В. Склад: логистика, управление, анализ. 10-е изд., перераб. и доп. Москва : ИТК «Дашков и К», 2009. 736 с.
6. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей / Е. С. и др. 4 изд. перераб. и доп. Москва : Наука, 2001. 535 с.
7. Кузнецов Е.С., Троицкий А.И. Совершенствование методов определения нормативов потребности в запасных частях. *Повышение эксплуатационной надежности автомобилей*. Москва : НИИАТ, 1979. Вып. 3. С. 106–116.
8. Таджикибаев А.А., Пронштейн М.Я., Кривенко Е.И. Исследование потребности в запасных частях автомобилей, принадлежащих гражданам. Москва : НИИНАвтопром, 1976. № 9. С. 38–44.
9. Напольский Г.М., Толкачев В.К., Фролов Ю.Н. Организация складов и управление запасами в автосервисе ; под ред. проф. Г.В. Крамаренко. Москва : МАДИ, 1976. 80 с.
10. Таджикибаев А.А. Прогнозирование потребности в запасных частях для автомобилей, принадлежащих населению: (На примере СТО): автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 1979. 16 с.
11. Напольский Г.М., Толкачев В.К., Фролов Ю.Н. Система обеспечения запасными частями автообслуживающих предприятий : учеб. пособ. Москва : МАДИ, 1986. 68 с.
12. Хлявич А.И. Исследование и определение потребности в автомобильных запчастях для станций технического обслуживания автомобилей : дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.10. Москва, 1979. 174 с.

13. Бедняк М.Н., Тахтамышев Х.М. Прогнозирование расхода запасных частей к автомобилям. Автомобильный транспорт. Киев, 1973. № 10. С. 20–22.

14. Трикозюк В.А. Повышение надежности автомобилей. Москва: Транспорт. 1980. 88 с.

15. Кривцун В.І., Баранов А.М. Аналіз методів визначення номенклатури та кількості запасних частин, що застосовуються для технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння. *Вісник машинобудування та транспорту*. Вінниця, 2015. № 2. С. 36–48.

Khavruk V.O. ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE QUANTITY AND RANGE OF AUTOMOTIVE SPARE PARTS

It is established that all methods of determining the need for automotive spare parts are divided into three groups: according to nomenclature standards; according to actual market demand; mixed method. Approximate number of auto parts for specialized maintenance vehicles for cars and central warehouses (dealers) is determined based on the number of cars of a certain brand and the cost of spare parts for a particular car model.

The number of individual parts, for which there is a clearly defined resource of workability, depends on the intensity of operation – the mileage of the car.

It was found out that the approximate (average number of spare parts) and the specified methods (using the laws of distribution of resources) are used to determine the number of spare parts by the resource of their capacity.

Two methods of determining the number of necessary spare parts, based on elements of probability theory, are considered; the first is based on the mathematical expectation, the mean square deviation of the resource of the part, and the second on the basis of the quantile of the normal distribution of resources at a given probability.

One of the experimental methods of determination of specific expenses for spare parts by aggregates and systems of the car based on the total parameter of the flow of failures is presented.

The dependencies for the calculation of nomenclature norms of spare parts costs are based on the following methods: analytical, approximate estimation of the resource before the first replacement, average number of parts replacement for the life of the vehicle (unit), average number of replacement parts for the life of the car (unit), taking into account the variation of the resource parts.

The specified sequence of obtaining a formula for determining the optimal order volume for the Wilson model (EOQ).

The necessity of distributing the spare parts nomenclature for groups according to the size of demand is proved on an example of the automobile manufacturer Renault. For car service stations, it is recommended to use commonly used stock management and control strategies – with a constant supply of supplies and with a constant supply interval.

The results of the article can be used at the initial stages of development of inventory management system by the subjects of entrepreneurial activity that operate on the market of auto service services.

Key words: car, consumption, detail, group, order, spare, spare part, quantity, method, nomenclature, size, consumption, sales, resource, distribution, strategy, management.

БУДІВНИЦТВО

УДК 625.85

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/33>**Левківська Л.В.**

Національний транспортний університет

Горбунович І.В.

Національний транспортний університет

Елаллак Д.М.

Національний транспортний університет

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА УТВОРЕННЯ ТРІЩИН В АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТЯХ

У статті проведено літературний пошук і комплексний аналіз нинішнього стану функціонування дорожнього господарства України, сучасних тенденцій його розвитку. Встановлено, що дорожня галузь перебуває в досить важкій ситуації, оскільки транспортно-експлуатаційний стан переважної більшості автомобільних доріг України є незадовільним. Через брак фінансових ресурсів будівництво нових доріг здійснюється вкрай рідко, а все частіше проводяться дорожні роботи зі збереження мережі вже наявних доріг і забезпечення їхнього необхідного транспортно-експлуатаційного стану. За результатами проведеного аналізу виділена одна з основних причин передчасного руйнування ново-збудованих або відремонтованих дорожніх покриттів нежорсткого типу – низька міцність міжшарового зчеплення в зоні контакту знову укладеного матеріалу з нижче розташованим шаром. Детально вивчено вплив зчеплення між асфальтобетонними шарами на міцність дорожнього одягу та його довговічність. Проаналізовано низку факторів, які впливають на утворення тріщин у дорожніх покриттях. Доведено, що тріщини зароджуються там, де нормальні напруження розтягу в шарі покриття або дорожнього одягу перевищують межу міцності на розтяг матеріалу відповідного шару. Досліджено негативний вплив тріциноутворень на дорожні одяги нежорсткого типу. Встановлено, що зсувостійкість асфальтобетону, з якого побудована більшість доріг України, може бути забезпечена, якщо в результаті дії транспортного навантаження за високої літньої температури (коли несуча здатність в'язких зв'язків мінімальна) не відбуватиметься руйнування суцільних пружних зв'язків від дії дотичних напружень. Забезпечити роботу асфальтобетону без появи залишкових деформацій можна за умови перевищення міцності пружних зв'язків матеріалу над рівнем напружень, спричинених транспортним навантаженням. Для цього під час облаштування асфальтобетонних шарів посилення слід обов'язково застосовувати такі основні методи ущільнення, як укочування, віброущільнення і комплексний метод, за якого матеріал одночасно піддається укоченню і віброущільненню.

Ключові слова: тріщина, асфальтобетонне покриття, зчеплення між шарами, пластична деформація, пружна деформація.

Постановка проблеми. Нині у світі відбувається процес автомобілізації, суть якого полягає у швидкому зростанні автомобільного парку та у проникненні автомобіля в усі сфери економічної і соціальної діяльності людини. Ефективність роботи автомобільного транспорту багато в чому залежить від технічного рівня і стану доріг. У разі погіршення технічного стану дороги знижується продуктивність і безпека дорожнього руху, підвищується собівартість перевезень.

Забезпечення ефективних заходів із підвищення безпеки дорожнього руху та зменшення його негативного впливу на навколишнє середовище є складним соціально-економічним і технічним завданням. Вирішується воно шляхом будівництва нових доріг і реконструкції наявних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тенденції розвитку дорожнього господарства України показують, що за обмежених фінансових ресурсів на перше місце виступають роботи зі

збереження мережі наявних доріг і забезпечення необхідного транспортно-експлуатаційного стану. Аналіз літературних джерел [1] свідчить про те, що на дорогах домінують деформації і руйнування, пов'язані з недостатньою деформаційною здатністю асфальтобетонних покриттів за певних температур. Залежно від регіонів, а відповідно і від природно-кліматичних умов, тріщини в асфальтобетонних покриттях є одним із основних чинників, які призводять до руйнування дорожніх покриттів.

Викладене вище свідчить про необхідність розроблення та реалізації під час ремонту і реконструкції доріг заходів, які дозволили б підвищити тріщиностійкість асфальтобетонних покриттів, продовжити строки їхньої служби та знизити витрати на їхнє утримання.

Дослідження багатьох учених [2–4] свідчать, що однією з основних причин передчасного руйнування новозбудованих або відремонтованих покриттів нежорсткого типу є низька міцність міжшарового зчеплення в зоні контакту знову укладеного матеріалу з нижче розташованим шаром, оскільки умова міцного зв'язку між шарами найчастіше не дотримується. Під час експлуатації дорожніх покриттів на контакт між шарами відбуваються відносні зміщення, що свідчать про недостатню міцність міжшарового зчеплення за динамічних впливів транспортних засобів, і, як наслідок, виникнення високочастотних коливань призводить до швидкого руйнування дорожніх покриттів.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз факторів, які впливають на тріщиноутворення асфальтобетонних дорожніх покриттів та оцінка його негативного впливу на дорожні одяги нежорсткого типу, обґрунтування методів ремонту цього виду руйнування.

Виклад основного матеріалу дослідження. На території України найбільш поширеними є дорожні покриття, які облаштовують із використанням асфальтобетону. Поряд із високими технологічними та експлуатаційними показниками таке покриття володіє суттєвими недоліками – високою чутливістю до температурно-зволожувальної дії, безперервних змін міцності та деформативних характеристик у часі у зв'язку з природним старінням в'язучого, що суттєво ускладнює прогнозування їхньої довговічності.

Численні дослідження показують, що умови роботи дорожніх одягів із такими покриттями значною мірою визначаються фізико-хімічними, механічними та погодно-кліматичними факто-

рами, в результаті спільної дії яких відбувається зміна якісних характеристик покриття в процесі його експлуатації. Під час вивчення особливостей роботи дорожніх покриттів з асфальтобетонних сумішей не можна розглядати ізольовано вплив на них тільки однієї окремої групи факторів. Вони повинні розглядатися комплексно, оскільки в комплексі результат їхнього впливу буде різко відрізнятися від впливу кожного з факторів окремо. Асфальтобетон у конструкції дорожнього одягу завжди є в напруженому стані. Ця обставина пов'язана з тим, що виникаючі в ньому напруження ніколи повністю не релаксують. Під впливом цих залишкових напружень у асфальтобетоні буде руйнуватися дорожнє покриття.

Тріщини є найбільш поширеним видом дефектів асфальтобетонних дорожніх одягів (рис. 1).



Рис. 1. Тріщини на поверхні асфальтобетонного дорожнього покриття

Основною причиною утворення тріщин є виникнення розтягувальних і згинальних напружень у шарах дорожнього одягу під дією навантажень від автомобілів і температурних коливань, а особливо за спільної дії цих факторів. Тріщини зароджуються там, де нормальні напруження розтягу в шарі покриття або дорожнього одягу перевищують межу міцності на розтяг матеріалу відповідного шару.

Тріщини на покриттях стають помітними за ширини 0,2–1 мм і довжини не менше 10 см. Більш дрібні тріщини або мікротріщини візуально непомітні. Основна частина тріщин, що виникають по смугах накату від дії навантаження, є результатом втомного руйнування шару дорожнього одягу. Тріщини ростуть одночасно у двох напрямках: вгору і по довжині. У разі подальших навантажень тріщина проходить крізь покриття і стає видимою на його поверхні. Інша частина

зароджується на поверхні покриття або іншого шару і розвивається зверху вниз. Це температурні тріщини і тріщини, що виникають у зоні опуклого вигину покриття під дією коліс автомобілів.

Велику частку тріщин на поверхні покриття утворюють відображені тріщини. Це тріщини старого покриття, на яке покладений новий шар асфальтобетону. Досвід показує, що тріщини старого покриття в процесі експлуатації починають проявлятися вже через 1–2 роки, а після 5–7 років можуть повністю повторитися на новому покритті.

Є багато причин утворення тріщин:

- недостатня міцність земляного полотна, яка не відповідає фактичним навантаженням від автомобілів, внаслідок чого виникають великі прогини і розтягувальні напруження в шарах дорожнього одягу;

- великі перепади температур від плюсових до мінусових; особливо небезпечні низькі мінусові температури, які супроводжуються виникненням дуже високих розтягувальних напружень у шарах дорожнього одягу;

- недостатня тріщиностійкість асфальтобетонних покриттів, зумовлена невідповідністю деформаційних властивостей бітуму реальним температурним умовам роботи покриттів;

- різноманіття теплофізичних властивостей матеріалів шарів суміжних покриттів, внаслідок чого виникають додаткові напруження по площинах сполучення шарів за температурних перепадів;

- нерівномірне ущільнення шарів дорожнього одягу;

- утворення здимань, що супроводжується виникненням сітки тріщин у дорожньому одязі [5].

Поява і розвиток тріщин не мають вибухового характеру, але відбуваються досить швидко.

В умовах континентального клімату першими, як правило, з'являються взимку температурні поперечні тріщини. Вони можуть виникати вже в перший рік служби дорожнього одягу. Поздовжні тріщини, тріщини по смугах накату і тріщини довільного напрямку виникають зазвичай через 4 роки і більше на новому покритті. Відображені тріщини можуть з'явитися через 1–2 роки після укладання нового шару.

Найбільш швидко розвиваються тріщини навесні і восени, а найбільш широко розкриваються взимку і навесні. У літній період багато дрібних тріщин закриваються через розм'якшення бітуму і розширення матеріалу в покритті або заковчуються колесами автомобілів.

Тріщини мають різні розміри за шириною, довжиною і глибиною.

Наявність широких тріщин і тим більше сітки тріщин служить явною ознакою утворення ям і вибоїн на дорогах (рис. 2). Вибоїни – місцеві руйнування покриття, глибиною від 20 до 100 мм і більше з різко окресленими краями.

Здебільшого початкова стадія виникнення вибоїн і ямковості збігається з періодом несприятливих погодних умов, особливо з весняним періодом частого переходу від плюсової до мінусової температури повітря, надмірного зволоження ґрунту земляного полотна і шарів дорожнього одягу. Вода, потрапляючи в тріщини, посилює корозійні фізико-хімічні процеси в матеріалах дорожнього одягу, а під час замерзання чинить розтягувальну дію на стінки тріщин і окремі частинки матеріалів. У поєднанні з динамічним впливом від транспортних навантажень матеріал покриття в зоні утворення тріщини починає руйнуватися і вибиватися, а тріщина швидко переростає у вибоїну. Тому тріщини завжди є потенційними джерелами появи вибоїн.



Рис. 2. Ями та вибоїни на дорогах

Міцність дорожнього одягу характеризується модулем тривалості пружності, який розраховується за формулою:

$$E = \frac{pD(1-\mu^2)}{l}, \quad (1)$$

де p тиск колеса на поверхню дорожнього полотна, $МПа$; D – діаметр колеса, рівнозначний відбитку колеса, $м$; l – пружний прогин; μ – коефіцієнт бічного розширення, або коефіцієнт Пуассона ($\mu = 0,3$) [6].

Досвід показує, що зі зменшенням міцності дорожнього одягу площа ямковості в процесі експлуатації різко збільшується. Середньорічна площа ямковості на 8-й рік експлуатації дорожнього одягу капітального типу з асфальтобетонним покриттям за коефіцієнта запасу міцності 1,5 становить близько 0,1% від загальної площі, а за коефіцієнта запасу міцності 1,0 становить близько 2%, тобто в 20 разів більше [6].

Іншим джерелом виникнення вибоїн є нерівності дорожнього покриття, починаючи від нерівностей, допущених під час облаштування шарів дорожнього одягу, включно з нерівностями у вигляді тріщин, зсувів і напливів, які виникають у процесі експлуатації асфальтобетонних покриттів із сумішей з підвищеною пластичністю.

Колія – це деформування поперечного профілю проїзної частини з утворенням заглиблень і гребенів уздовж смуг накату внаслідок нерівномірного зносу і накопичення пластичних деформацій у покритті, а також залишкових деформацій у шарах дорожнього одягу та земляного полотна, що відбувається за багаторазового впливу коліс автомобілів.

Насамперед колія може утворюватися завдяки доуцільненню шарів дорожнього одягу по смугах накату, якщо вони не були досить ущільнені під час будівництва. Колія з цієї причини утворюється в перший рік експлуатації. Досвід показує, що доуцільнення дорожнього одягу завершується після проходу 300 тис. стандартних осей вантажного автомобіля.

Знос (стирання) покриття під дією коліс автомобіля відбувається під час гальмування і руху в режимі тяги внаслідок неминучого проковзування шини в зоні контакту колеса з покриттям. Знос відбувається приблизно однаково протягом року, якщо взимку не застосовуються шини з шипами. Враховуючи цю обставину, можна вважати, що в країнах із короткою зимою частка колій із причини зносу покриття становить близько 5%.

Пластичні деформації покриття є причиною 15–20 % випадків утворення колії на асфальтобетонних покриттях, які полягають у накопиченні

вертикальних залишкових деформацій внаслідок підвищення пластичності, тобто зниження структурної в'язкості асфальтобетону за високих температур, яке, у свою чергу, відбувається через зниження в'язкості бітуму або в'язкого опору бітуму зрушенню. Одночасно з вертикальними накопичуються і горизонтальні залишкові деформації. Ці деформації за багаторазових повторних навантажень безперервно зростають, внаслідок чого з боків колії з'являються гребені або вали.

Структурні руйнування покриття відбуваються приблизно однаково протягом усього року, а в шарах основи вони накопичуються найбільше навесні, коли міцність дорожнього одягу найменша.

Зсувостійкість асфальтобетону буде забезпечена, якщо в результаті дії транспортного навантаження за високої літньої температури (коли несуча здатність в'язких зв'язків мінімальна) не відбуватиметься руйнування суцільних пружних зв'язків від дії дотичних напружень.

Забезпечити роботу асфальтобетону без появи залишкових деформацій можна за умови перевищення міцності пружних зв'язків матеріалу над рівнем напружень, спричинених транспортним навантаженням.

Якщо прийняти, що міцність пружних зв'язків відповідає значенню істинної межі пластичності або питомому зчепленню C в законі Мора-Кулона, то коефіцієнт запасу з умови зсувостійкості може бути визначений за залежністю:

$$K_3 = \frac{k \cdot C}{\tau_{\max} - \sigma \cdot \operatorname{tg} \phi}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт, що враховує співвідношення тривалого і фактичного модуля релаксації і розбіжність коефіцієнта питомого зчеплення з істинною межею пластичності, що дорівнює 0,8; C – питоме зчеплення асфальтобетону, $МПа$; τ_{\max} – максимальні дотичні напруження, $МПа$; σ – нормальні напруження, $МПа$; ϕ – кут внутрішнього тертя асфальтобетону.

Як основний чинник впливу великовантажних автомобілів на появу пластичних деформацій виступають: питомий тиск і навантаження на колесо. Інші фактори взаємопов'язані один з одним і можуть бути виражені через відповідну заміну і підстановку. Питомий тиск на покриття зростає з підвищенням тиску в шині і зростанням навантаження на колесо. При цьому зростання навантаження на колесо чинить менший вплив на підвищення контактного тиску порівняно з ростом тиску повітря. Зокрема, у разі збільшення вдвічі навантаження на колесо за незмінного внутрішнього тиску

тиск по площі відбитка зростає на 5–10%, тоді як під час збільшення вдвічі внутрішнього тиску в шині за однакового навантаження на колесо – на 40–45%. Пов'язано це з тим, що під час зменшення тиску повітря в шині відбуваються зростання площі і зміна конфігурації відбитка колеса.

Зростання навантаження на вісь із 10 т до 13 т знижує коефіцієнт запасу матеріалу з умови зсувостійкості на 2–5%. Якщо ж під час навантаження в 10 т збільшити питомий тиск повітря з 0,5 до 0,75 МПа, то коефіцієнт запасу матеріалу з умови зсувостійкості знизиться на 10–15%, а під час збільшення з 0,5 до 1,0 – на 30–40%. Щоб знизити коефіцієнт запасу на таку ж величину за постійного тиску, необхідно збільшити навантаження на вісь із 10 т до 22 т. Тобто збільшення тиску повітря в шині небезпечніше, ніж зростання навантаження на вісь.

Схема розташування шарів дорожнього одягу і властивості матеріалів цих шарів за розрахунковою високою температурою впливають на величину напружень і деформацій, а отже – і на кінетику накопичення пластичних деформацій. Конструкційні особливості дорожнього одягу пов'язані з розбіжністю точок максимуму дотичних напружень із максимумом нормальних напружень, що діють в одній площині, а найбільша їхня різниця може спостерігатися в різних частинах дорожньої конструкції залежно від співвідношення властивостей матеріалів конструктивних шарів.

У всіх випадках збільшення жорсткості основи позитивно позначається на стійкості до колієутворення матеріалу покриття. За більш високої жорсткості матеріалу покриття порівняно із жорсткістю нижнього шару, що характерно для існуючих дорожніх одягів, міцність зсуву покриття порівняно з нижнім шаром повинна бути вищою на 30–35%. Однак з огляду на високу температуру покриття досягти цього не завжди вдається. Коли співвідношення жорсткостей покриття і нижнього шару стає менше 1,5, ситуація змінюється на протилежну.

Висновки. Виконані розрахунки і аналіз дали змогу зробити такі висновки.

Одним із факторів забезпечення надійності та працездатності дорожньої конструкції є спільна робота її шарів завдяки наявності міцних зв'язків між монолітними шарами, яка можлива під час забезпечення міжшарового зчеплення.

Однак на практиці не завжди вдається забезпечити необхідне зчеплення між асфальтобетонними шарами. Найбільш поширеними причинами цього є такі: невідповідність технологічних режимів укладання шарів дорожнього одягу, перш за

все температурних; неврахування фізико-механічних властивостей матеріалів на етапі будівництва; вплив кліматичних і механічних чинників або їхній комплексний вплив на етапі експлуатації автомобільної дороги.

Під дією вертикального навантаження від колеса автомобіля в шарах дорожнього одягу виникають зсувні напруження. Якщо ці напруження перевищують опір зсуву матеріалу, то внаслідок порушення граничної рівноваги виникають і поступово накопичуються від багаторазового навантаження залишкові деформації. У результаті дорожній одяг починає руйнуватися.

Отже, будь-який міцний дорожній одяг протягом року не повинен мати залишкових деформацій, тобто повинен працювати в стадії оборотних (пружних) деформацій. Опір зсуву зазвичай різко знижується у весняний період за підвищеного зволоження.

Зсувостійкість асфальтобетонного шару посилення залежить, з одного боку, від міцності шару, а з іншого боку, від міжшарового зчеплення його з нижнім шаром.

Крім зсувних зусиль, що виникають у шарах дорожніх одягів від вертикального колісного навантаження, горизонтальні зусилля виникають від дії крутного моменту під час руху автомобіля, збільшуючись під час зміни швидкості руху, зрушення автомобіля з місця і досягають максимуму під час гальмування. Співвідношення вертикального і горизонтального складників навантаження залежать від режимів руху, профілю поверхні проїзної частини, зчеплення колеса з покриттям, конструктивних особливостей автомобіля і досягає здебільшого (75%) від вертикальних навантажень. Сумарні максимальні напруження виникають на глибині 4–10 см від поверхні, тобто на нижній межі шару посилення. Значення міжшарового зчеплення підтверджується експериментально під час випробування моделей на розтяг під час згину.

Міцність і зсувостійкість асфальтобетону залежать від однорідності його структури, процес формування якої дуже складний і вимагає врахування різноманітних факторів, основними з яких є температурні параметри суміші і режими ущільнення. Під час облаштування асфальтобетонних шарів посилення слід обов'язково застосовувати такі основні методи ущільнення, як укочування, віброущільнення і комплексний метод, за якого матеріал одночасно піддається укочуванню та віброущільненню. Структура асфальтобетону, що визначає його міцність і зсувостійкість, значною мірою формується саме в результаті ущільнення.

Список літератури:

1. Кулицький С. Проблеми розвитку мережі автомобільних доріг в Україні. *Україна: події, факти, коментарі*. 2017. № 22. С. 56–65.
2. Минаков А.С., Кияшко И.В. Влияние обеспеченности межслойного сцепления на прочность дорожных одежд нежесткого типа. *Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів* : мат-ли Міжнар. наук.-техн. конф., присвяченої 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету. Харків : ХНАДУ, 2010. С. 112–115.
3. Мозговий В.В., Онищенко А.М., Гаркуша М.В., Аксьонов С.Ю. Сучасні аспекти підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу. *Автошляховик України*. 2012. № 5. С. 25–30.
4. Мозговий В.В., Онищенко А.М., Жуков О.О., Невінгловський В.Ф. Методика оцінки сцеплення между асфальтобетонними слоями при сдвиге. *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2010. № 1. С. 53–60.
5. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог : в 2 т. : учебник для студ. высш. учеб. заведений. Москва : Издательский центр «Академия», 2010. Т. 1. 320 с.
6. Садило М.В., Садило Р.М. Автомобильные дороги: строительство и эксплуатация : учеб. пособие. Ростов на Дону : Феникс, 2011. 367 с.

Levkivska L.V., Gorbunovich I.V., Elallak D.M. ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING FORMATION OF CRACKS IN ASPHALT AND CONCRETE PAVEMENTS

The article provides a review of literature and complex analysis of roads in Ukraine, their current functional state and tendencies of development. It is established that the road industry is in a rather difficult situation due to unsatisfactory transport and operational conditions of the vast majority of Ukrainian roads. Construction of new roads is extremely rare because of lack of financial resources. Road works are usually carried out to preserve the network of already existing roads and to ensure their necessary transport and operational status. According to the results of the analysis, one of the main reasons for the premature destruction of newly constructed or repaired non-rigid pavements is the low strength of interlayer adhesion in the contact area of the newly covered material with the layer below. The effect of adhesion between asphalt layers on the road strength has been studied in detail. A number of factors influencing formation of cracks on road surfaces are analyzed. It is proved that cracks originate where the normal tensile stresses in the coating layer or road surface exceed the tensile strength of the material of the respective layer. The negative effect of cracks on non-rigid pavements is investigated. It is established that the shear resistance of asphalt concrete pavement of which most of Ukraine's roads are constructed can be ensured if we avoid destruction of continuous elastic bonds due to tangent stresses, that is in result of transport load acting at high summer temperature when the load ability of elastic bonds is minimal. It is possible to ensure a normal operation of asphalt and concrete pavement avoiding appearance of residual deformations provided that the strength of the elastic bonds of the material exceeds the level of tensions caused by the transport load. Therefore, covering of asphalt concrete layers requires imperative application of basic sealing methods as rolling, vibration as well as complex method when the material is rolled and vibrated simultaneously.

Key words: crack, asphalt concrete, adhesion between layers, plastic deformation, elastic deformation.

УДК 533.1:620.93:658.56
DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/34>

Предун К.М.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Франчук Ю.Й.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Ободьянська О.І.

Вінницький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ЩОДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ МЕТОДОМ ПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ

Природний газ згідно з положеннями «Енергетичної стратегії України на період до 2035 р.», попри суттєвий розвиток «зеленої» енергетики, залишається основним енергоносієм у державі. У зв'язку з долученням до єдиного Європейського простору регулювання торгівлі природним газом у країні всі розрахунки за спожите паливо слід виконувати в одиницях енергії. Відповідно, визначальними постають питання щодо якості природного газу. Однією з особливостей системи газопостачання є значний ступінь невизначеності зміни великої кількості збурюючих факторів впливу і постійно мінливих параметрів її функціонування. З-поміж інших для оцінки якості вибрано математичну модель, засновану на теорії нечіткої логіки. Адекватність запропонованої математичної моделі та алгоритму інтелектуальної підтримки прийняття управлінського рішення для реалізації проєкту оцінювання якості природного газу із застосуванням нечіткої логіки та лінгвістичних змінних потребує перевірки одним із відомих незалежних методів. Для розв'язання цього завдання запропоновано метод парних порівнянь Т. Сааті, який дає змогу враховувати кількісні та якісні збуджувальні параметри, що впливають на якість природного газу. Під час розроблення моделі складено матрицю для порівняння відносної важливості фізико-хімічних властивостей видобутого з родовища природного газу, якості підготовки (очищення) природного газу для транспортування і технічних умов експлуатації газорозподільної системи населеного пункту на другому рівні щодо загальної мети на першому рівні – якості природного газу. Подібні матриці побудовані для парних порівнянь кожної альтернативи на третьому рівні щодо критеріїв другого рівня. Для чисельного експерименту розглянуто природні гази українського і російського родовищ. Отримано кількісні оціночні критерії якості природного газу. В результаті досліджень встановлено питому вагу кожного фактора впливу на формування кінцевих незалежних висновків і пропозицій щодо якості природного газу.

Ключові слова: природний газ, фізико-хімічні властивості, якість, математична модель, нечітка логіка, метод парних порівнянь, матриця, фактор впливу, пріоритет.

Постановка проблеми. Природний газ сьогодні продовжує залишатись основним енергоносієм у промисловості та житлово-комунальному господарстві України. За підсумками 2018 р. його частка у загальному постачанні первинної енергії становила 27,4% [1]. Якщо розглянути виключно житлово-комунальне господарство, то на потреби теплопостачання і задоволення господарсько-побутових потреб мешканців використано 15,4 зі всього обсягу – 32,3 млрд м³ – спожитого газу [2]. Згідно з прогнозами розвитку держави домінуюча роль природного газу залишиться і надалі [3].

Незважаючи на високу цінність природного газу для потреб економіки держави в Україні прак-

тично відсутній системний підхід до оцінювання його якості. Якість газу – це ступінь відповідності показників природного газу встановленим вимогам, яка визначається його складом і фізичними властивостями. Вимоги щодо фізико-хімічних властивостей природного газу встановлені низкою нормативно-технічних документів [4; 5], причому вказані у них деякі характеристики суперечать одна одній.

Відповідно до Закону України «Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до договору про заснування Енергетичного Співтовариства» [6] наша держава приєдналась до єдиного європейського простору регулювання торгівлі

газом і взяла на себе зобов'язання виконувати всі рішення та процедурні акти, прийняті під час застосування Договору. Тобто кількість природного газу, що приймається-передається, повинна виражатись не у метричних, а в одиницях енергії.

Варто зазначити, що інформація щодо фізико-хімічних властивостей газу, зокрема, теплоти згоряння, в Україні вже доводиться до кінцевого споживача в тій, чи іншій формі – як власника вузла комерційного обліку, так і абонента житлового будинку. Наприклад, щомісяця по регіонах України публікується карта [7] із середньозваженими значеннями теплоти згоряння, що має різні значення в залежності від: магістрального газопроводу, родовища газу, технологічного режиму його підготовки до транспортування або конкретної країни-експортера газу. На підставі даної інформації визначається кількість спожитого газу як в метричних, так і в енергетичних одиницях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Із виконаного аналізу результатів наукових досліджень [8–11], вимог чинних нормативно-технічних документів [4] випливає висновок, що визначенню якості природного газу приділяється значна увага, передусім перед подачею з родовища в газотранспортну систему. Водночас фізико-хімічні властивості газу, визначені в точках прийому-передачі, наприклад на газорозподільних станціях (ГРС) населених пунктів, можуть зазнавати змін під час його транспортування газорозподільними мережами кінцевим споживачам [12].

У роботі [13] висвітлено ієрархічну класифікацію факторів, які впливають на якість природного газу. При визначенні змісту інтелектуальної підтримки прийняття рішення було враховано фізико-хімічні властивості видобутого з родовища природного газу, якість підготовки (очищення) природного газу для транспортування та технічні умови експлуатації газорозподільної системи населеного пункту. Також запропоновано математичну модель прийняття управлінських рішень щодо оцінки якості природного газу, розробленої з використанням теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних [14].

Адекватність запропонованої математичної моделі та алгоритму інтелектуальної підтримки прийняття управлінського рішення для реалізації проекту оцінювання якості природного газу із застосуванням нечіткої логіки та лінгвістичних змінних потребує перевірки одним із відомих незалежних методів. Розв'язання цієї задачі можливе з використанням математичної моделі прийняття управлінських рішень, розробленої з використан-

ням методу парних порівнянь Т. Сааті. Цей метод дозволяє при моделюванні враховувати кількісні та якісні збуджувальні параметри, які впливають на якість природного газу, оскільки він є одним з методів аналітичного моделювання ієрархічних процесів і аналітичних мережевих процесів підтримки прийняття управлінських рішень [15–18].

Постановка завдання. Метою статті є розроблення моделі інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень щодо оцінки та прогнозування якості природного газу з врахуванням кількісних та якісних збуджуючих параметрів впливу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час застосування методу Сааті для оцінки якості природного газу різноманітні фактори впливу зрівнюються попарно по відношенню до їх дії на загальну для них характеристику. Метод аналізу ієрархій (далі – МАІ) використовується для прийняття рішень у важко формалізованих ситуаціях і є замкненою логічною конструкцією, що забезпечується простими правилами аналізу складних проблем, які призводять до найкращої відповіді. МАІ є обґрунтованішим порівняно з методами, що базуються на лінійній логіці методом розв'язання багатокритеріальних завдань у складній обстановці з ієрархічними структурами, які вміщують помітні та непомітні фактори. Застосування цього методу дозволяє включати в ієрархії усі наявні при оцінці якості природного газу знання та факти. Збіжність результатів, отриманих з використанням однакових вхідних даних двома незалежними методами, дозволить перевірити достовірність запропонованої математичної моделі інтелектуальної підтримки прийняття рішення, щодо оцінки якості природного газу [14].

Принцип ідентичності та декомпозиції передбачає структурування проблеми оцінювання якості природного газу у вигляді ієрархії. Ієрархія сприймається як певний тип системи, де фактори впливу на якість природного газу групуються у множини. Елементи кожної групи знаходяться під впливом елементів деякої групи I_i , у свою чергу, впливають на елементи іншої групи. Вважається, що елементи кожної групи (рівня) ієрархії незалежні, а ієрархія будується з вершини. Її загальна структура, множина її елементів і різні ієрархічні рівні щодо оцінки якості природного газу наведені на рис. 1.

Експерту проекту з оцінки якості природного газу послідовно пред'являються пари альтернатив (X_i, X_j) і пропонують визначити ступінь d_{ij} переваги альтернативи X_i над альтернативою X_j .

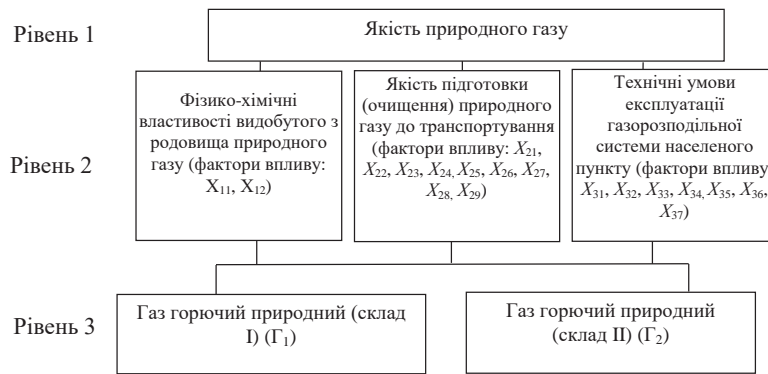


Рис. 1. Ієрархічна модель прийняття рішення з оцінки якості природного газу

відносно деякого якісного фактору впливу на якість природного газу. При цьому, якщо експерту була представлена пара (X_p, X_j) і він визначив ступінь переваги d_{ij} , то пара (X_p, X_j) вже не пропонується, а ступінь переваги d_{ij} визначається, виходячи із залежності (1).

Таким чином, за наявності n альтернатив експерт повинен виконати $n(n - 1)/2$ порівнянь. Оскільки матриця має властивість оберненої симетричності тому

$$d_{ij} = 1/d_{ji} \quad (1)$$

Для аналізу відібраний природний газ Південно-Російського нафтогазового родовища (склад Г1) ВАТ «Севернефтегазпром» Російської Федерації [19], який проходячи транзитом в Європу територією України, використовується споживачами нашої держави. За даними статистики за 2018 р. в паливно-енергетичному балансі країни частка імпортного газу (як правило – з Російської Федерації) становить близько третини [2]. У подальшому відібране паливо заміщують шляхом купівлі аналогічної кількості на Європейському ринку природного газу. Як газ (склад Г2) розглядається паливо українського походження, що передається споживачам ПАТ «Київгаз» і ПАТ «Київоблгаз». Фізико-хімічні властивості газу вказані у сертифікаті [20].

Елементи d_{ij} , $i, j = (1, n)$, утворюють квадратну матрицю парних порівнянь D [15]. При цьому елемент d_{ij} можна трактувати як відношення вагів альтернатив X_i і X_j , тобто w_i/w_j

$$D = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} \quad (2)$$

Якщо значення w_1, w_2, \dots, w_n невідомі, тоді парне порівняння здійснюється з використанням суб'єктивних суджень експертів, чисельно оцінене за шкалою парних порівнянь Т. Сааті, запропонованою в [15] та наведеною у табл. 1.

Під час розроблення моделі інтелектуальної підтримки рішення щодо оцінювання якості природного газу складається матриця для порівняння відносної важливості фізико-хімічних властивостей видобутого з родовища природного газу (X_{11} – вміст вуглеводнів у складі природного газу, X_{12} – вміст шкідливих компонентів у складі газу); якості підготовки (очищення) природного газу для транспортування (X_{21} – очистка від сірководню H_2S , X_{22} – очистка від азоту N_2 , X_{23} – очистка від вуглекислого газу CO_2 , X_{24} – очистка від кисню O_2 , X_{25} – очистка від механічних домішок, X_{26} – осушка, X_{27} – число Воббе вище (стандартні умови), X_{28} – теплота згоряння вища (стандартні умови), X_{29} – відносна густина природного газу); технічних умов експлуатації газорозподільної системи населеного пункту (X_{31} – вміст сірководню H_2S , X_{32} – вміст азоту N_2 , X_{33} – вміст вуглекислого газу CO_2 , X_{34} – вміст кисню O_2 , X_{35} – вміст механічних домішок, X_{36} – вміст вологи, X_{37} – вміст меркаптанової сірки) на другому рівні по відношенню до загальної мети на першому рівні (якість природного газу). Подібні матриці будуються для парних порівнянь кожної альтернативи на третьому рівні по відношенню до критеріїв другого рівня [15].

Для моделювання інтелектуальної підтримки управлінського рішення щодо визначення якості природного газу, який характеризується фізико-хімічними властивостями, якістю очищення та технічними умовами експлуатації, будується дев'ятнадцять матриць, одна для другого рівня ієрархії (табл. 2) і вісімнадцять – для третього рівня (табл. 3). В табл. 3 наведено парне

Шкала парних порівнянь Т. Сааті

Відносна важливість (бали w_1, w_2, \dots, w_n)	Визначення	Пояснення
1	Однакова важливість	Обидва елементи вносять однаковий вклад
3	Один елемент трохи важливіший за другий	Досвід дозволяє поставити один елемент трохи вище за другий
5	Суттєва перевага	Досвід дозволяє встановити безумовну перевагу одного над другим
7	Значна перевага	Один елемент настільки важливіший за другий, що є практично значимим
9	Абсолютна перевага одного над другим	Очевидність переваги підтверджується більшістю
2, 4, 6, 8	Проміжні оцінки між сусідніми твердженнями	Компромісне рішення
Обернені величини чисел, наведених вище	Якщо при порівнянні одного елемента з другим отримано одне з вищевказаних чисел (1–9), то при порівнянні другого з першим матимемо обернену величину	

Таблиця 2

Парне порівняння факторів впливу на якість природного газу:
матриця парних порівнянь для рівня 2

Фактори впливу	X_{11}	X_{12}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}	X_{28}	X_{29}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
X_{11}	1	9	7	8	6	7	8	5	4	6	3	7	8	6	7	8	5	9
X_{12}	1/9	1	7	6	8	7	5	3	1/7	1/8	1/4	6	7	8	5	9	3	5
X_{21}	1/7	1/7	1	5	4	1/3	2	1/5	1/7	1/9	1/6	3	4	3	1/3	2	1/5	5
X_{22}	1/8	1/6	1/5	1	6	5	7	1/7	1/8	1/8	1/7	6	5	6	5	3	1/6	6
X_{23}	1/6	1/8	1/4	1/6	1	1/4	5	1/8	1/9	1/9	1/7	3	4	5	3	4	1/7	5
X_{24}	1/7	1/7	3	1/5	4	1	6	1/7	1/8	1/9	1/7	5	3	6	5	6	1/6	5
X_{25}	1/8	1/5	1/2	1/7	1/5	1/6	1	1/8	1/7	1/8	1/6	3	4	5	4	2	1/5	4
X_{26}	1/5	1/3	5	7	8	7	8	1	5	4	7	6	7	5	6	5	2	9
X_{27}	1/4	7	7	8	9	8	7	1/5	1	1/2	4	7	8	7	8	9	4	9
X_{28}	1/6	8	9	8	9	9	8	1/4	2	1	3	8	7	9	8	9	5	8
X_{29}	1/3	4	6	7	7	7	6	1/7	1/4	1/3	1	4	5	4	3	6	1/3	7
X_{31}	1/7	1/6	1/3	1/6	1/3	1/5	1/3	1/6	1/7	1/8	1/4	1	1/3	3	1/4	2	1/7	5
X_{32}	1/8	1/7	1/4	1/5	1/4	1/3	1/4	1/7	1/8	1/7	1/5	3	1	6	5	7	1/6	8
X_{33}	1/6	1/8	1/3	1/5	1/5	1/6	1/5	1/5	1/7	1/9	1/4	1/3	1/6	1	1/3	4	1/5	7
X_{34}	1/7	1/5	3	1/5	1/3	1/5	1/4	1/6	1/8	1/8	1/3	4	1/5	3	1	5	1/6	6
X_{35}	1/8	1/9	1/2	1/3	1/4	1/6	1/2	1/5	1/9	1/9	1/6	1/2	1/7	1/4	1/5	1	1/7	5
X_{36}	1/5	1/3	5	6	7	6	5	1/2	1/4	1/5	3	7	6	5	6	7	1	8
X_{37}	1/9	1/5	1/5	1/6	1/5	1/5	1/4	1/9	1/9	1/8	1/7	1/5	1/8	1/7	1/6	1/5	1/8	1

порівняння можливих варіантів організаційно-управлінських рішень щодо вибору важливості факторів впливу на якість природного газу.

Отримано вісімнадцять матриць суджень розмірністю 2×2 , оскільки є 18 критеріїв на другому рівні і два склади горючого природного газу, які

досліджуються і парно порівнюються по кожному з критеріїв. З групи матриць парних порівнянь формується набір локальних пріоритетів, які виражають відносний вплив елементів ($X_{11} \dots X_{37}$) на елемент, який межує з верхнім рівнем. Знаходимо цінність кожного окремого об'єкта через «розв'язання» матриць. Для цього визначаються власні вектори для кожної матриці, а потім нормалізується результат до одиниці, отримуючи цим сам вектор пріоритетів.

Для отримання векторів пріоритетів виконано оцінювання компонентів власного вектора по рядках, яке здійснюється для першого рядка матриці за такою формулою:

$$\sqrt[n]{\frac{w_1}{w_1} \times \frac{w_1}{w_2} \times \frac{w_1}{w_3} \times \dots \times \frac{w_1}{w_n}} = m_1. \quad (3)$$

Наступним кроком є визначення вектора пріоритету для першого рядка матриці (див. табл. 2 та табл. 3) за формулою:

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = x_1. \quad (4)$$

Аналогічно розраховують компонент власного вектора та вектор пріоритету для інших m_n рядків.

Компоненти власного вектора використовуються як множина відносних вагів альтернатив, що відповідає максимальному характеристичному числу λ_{\max} . Якщо матриця неузгоджена $\lambda_{\max} \geq n$ відповідно до методу Сааті, в якості показника ступеня узгодженості елементів матриці D використовується величина індексу узгодженості (consistency index – CI)

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / n - 1. \quad (5)$$

Відповідно до методу Сааті оцінювання достатності ступеня узгодженості представлено відношенням узгодженості (consistency ratio – CR)

$$CR = CI / CIS, \quad (6)$$

де CIS – середнє значення CR , яке обчислене для певної кількості матриць парних порівнянь, що зібрані у фундаментальній шкалі [15]. Якщо CR рівне 0,10 (але не перевищує 0,20), результуючий вектор щодо вагів вважати задовільним.

Таблиця 3

**Парне порівняння факторів впливу на якість природного газу:
матриця парних порівнянь для рівня 3**

X_{11}	Γ_1	Γ_2	X_{12}	Γ_1	Γ_2	X_{21}	Γ_1	Γ_2	X_{22}	Γ_1	Γ_2	X_{23}	Γ_1	Γ_2
Γ_1	1	7	Γ_1	1	5	Γ_1	1	4	Γ_1	1	1/3	Γ_1	1	1/7
Γ_2	1/7	1	Γ_2	1/5	1	Γ_2	1/4	1	Γ_2	3	1	Γ_2	7	1
X_{24}	Γ_1	Γ_2	X_{25}	Γ_1	Γ_2	X_{26}	Γ_1	Γ_2	X_{27}	Γ_1	Γ_2	X_{28}	Γ_1	Γ_2
Γ_1	1	2	Γ_1	1	1/5	Γ_1	1	1/9	Γ_1	1	1/3	Γ_1	1	4
Γ_2	1/2	1	Γ_2	5	1	Γ_2	9	1	Γ_2	3	1	Γ_2	1/4	1
X_{29}	Γ_1	Γ_2	X_{31}	Γ_1	Γ_2	X_{32}	Γ_1	Γ_2	X_{33}	Γ_1	Γ_2	X_{34}	Γ_1	Γ_2
Γ_1	1	1/3	Γ_1	1	5	Γ_1	1	1/4	Γ_1	1	1/6	Γ_1	1	3
Γ_2	3	1	Γ_2	1/5	1	Γ_2	4	1	Γ_2	6	1	Γ_2	1/3	1
X_{35}	Γ_1	Γ_2	X_{36}	Γ_1	Γ_2	X_{37}	Γ_1	Γ_2						
Γ_1	1	1/4	Γ_1	1	1/8	Γ_1	1	1/7						
Γ_2	4	1	Γ_2	8	1	Γ_2	7	1						

**Фактори впливу на якість природного газу:
матриця для другого рівня, рішення та узгодженість**

Показники	X_{11}	X_{12}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}
Вектор переваг (Γ_1)	0,875	0,834	0,8	0,25	0,125	0,667	0,166	0,1	0,25
Вектор переваг (Γ_2)	0,125	0,166	0,2	0,75	0,875	0,333	0,834	0,9	0,75
λ_{\max}	3,024	2,683	2,5	2,307	3,024	2,117	2,683	3,333	2,307
CI	1,024	0,683	0,5	0,307	1,024	0,117	0,683	1,333	0,307
CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Показники	X_{28}	X_{29}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}
Вектор переваг (Γ_1)	0,8	0,25	0,834	0,2	0,143	0,75	0,2	0,113	0,125
Вектор переваг (Γ_2)	0,2	0,75	0,166	0,8	0,857	0,25	0,8	0,887	0,875
λ_{\max}	2,5	2,307	2,683	2,5	2,858	2,307	2,5	3,128	3,024
CI	0,5	0,307	0,683	0,5	0,858	0,307	0,5	1,128	1,024
CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Для матриці факторів впливу другого рівня (див. рис. 1) вектор пріоритетів складає: $X_{11} = 0,193$; $X_{12} = 0,078$; $X_{21} = 0,024$; $X_{22} = 0,033$; $X_{23} = 0,021$; $X_{24} = 0,031$; $X_{25} = 0,017$; $X_{26} = 0,124$; $X_{27} = 0,125$; $X_{28} = 0,138$; $X_{29} = 0,071$; $X_{31} = 0,012$; $X_{32} = 0,017$; $X_{33} = 0,01$; $X_{34} = 0,016$; $X_{35} = 0,009$; $X_{36} = 0,075$; $X_{37} = 0,006$ та $\lambda_{\max} = 29,923$, індекс узгодженості $CI = 0,701$, відношення узгодженості $CR = 0,20$, що задовольняє вимоги. Для матриці третього рівня ці показники наведено в табл. 4.

Наступним кроком попарних порівнянь є застосування принципу синтезу. Для виявлення глобальних пріоритетів якості природного газу в матриці локальні пріоритети розташовуються по відношенню до кожного критерію, кожний стовпець векторів множиться на пріоритет відповідного критерію і результат підсумовується для кожного рядка.

Отримані глобальні пріоритети якості природного газу: газ горючий природний (склад I) (Γ_1) – 0,487; газ горючий природний (склад II) (Γ_2) – 0,513. Газ горючий природний (склад II) отримав найвищу оцінку за глобальними пріоритетами і тому можна його вважати найбільш залежним від факторів впливу на якість природного газу в цілому.

Висновки. Грунтуючись на теоретичних засадах методів ієрархічних процесів та аналітичних мережевих процесів, ми запропонували математичну модель підтримки прийняття рішення щодо оцінки якості природного газу, яка дає змогу оцінити доцільність і достовірність експертно-моделюючої системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень на базі нечіткої логіки під час моделювання оцінки якості природного газу.

У результаті чисельного експерименту отримано кількісні оціночні критерії якості природного газу, а саме – 0,487 – для газу природного горючого (склад I) та 0,513 – для газу природного горючого (склад II). Отримані результати дозволяють оцінити питому вагу кожного фактора впливу на формування кінцевих незалежних управлінських висновків та пропозицій щодо якості природного газу. Це є підтвердженням адекватності моделі прогнозування якості природного газу з використанням теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних та достовірності й доцільності запропонованої експертно-моделювальної системи інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень.

Список літератури:

1. Статистичні показники реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245351522> (дата звернення: 29.10.2019).
2. Використання природного газу в Україні, 2017–2018 рр., млрд м³. URL: <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/00B62B682AA8CA37C22583900050DAF0> (дата звернення: 29.10.2019).
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвал. розпорядженням КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085 (дата звернення: 29.10.2019).
4. Кодекс газотранспортної системи. Затвердж. Постановою НКРЕКП № 2493 від 30 вересня 2015 р. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1378-15> (дата звернення: 29.10.2019).
5. Проект Постанови КМУ «Про затвердження Технічного регламенту природного газу». URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245366216&cat_id=167475 (дата звернення: 29.10.2019).

6. Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до договору про заснування Енергетичного Співтовариства : Закон України: станом 1 вересня 2019 р. № 2787-VI (2787-17) від 15 грудня 2010 р. Київ : ВВР, 2011. № 24. Ст. 170.
7. Якість газу. URL: http://utg.ua/utg/business_info/yakist-gazu.html (дата звернення: 29.10.2019).
8. Височанський І., Гоцуляк В. Вплив компонентного складу природного газу на його якість. *Розробка та розвідка нафтових і газових родовищ* : всеукр. наук.-техн. журн. 2017. № 2 (63). С. 102–108.
9. Стадник Б., Мотало В., Мотало А. Методологія побудови системи оцінювання відповідності природного газу. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2008. № 2. С. 51–59.
10. Предун К. Аналіз фізико-хімічних властивостей природних газів. *Містобудування і територіальне планування* : наук.-техн. збірник / голов. ред. М. Осетрін. 2018. Вип. 66. С. 532–539.
11. Стадник Б., Мотало А., Мотало В., Петровська І. Теоретичні та практичні задачі кваліметрії природного газу. *Метрологія та вимірювальна техніка*. 2005. Вип. 65. С. 81–86.
12. Капцова Н. *Підвищення ефективності експлуатації та ремонту міських газопроводів* : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.03 / Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет будівництва і архітектури. Харків, 2018. 20 с.
13. Франчук Ю., Ободянська О., Предун К. Оцінка якості природного газу як енергоносія на основі лінгвістичної інформації. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 38. С. 143–150.
14. Предун К., Франчук Ю., Ободянська О. Модель багатофакторної оцінки якості природного газу. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання* : наук.-техн. збірник. 2019. Вип. 30. С. 20–28.
15. Саати Т., Керис К. Аналитическое планирование. Организация системы / пер. с англ. Москва : Радио и связь, 1991. 224 с.
16. Zadeh L. Knowledge representation in fuzzy logic. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 1989. № 1. P. 89–98.
17. Ратушняк Г., Ободянська О. Моделювання процесу інтелектуальної підтримки прийняття рішення щодо оцінки стану системи газопостачання методом парних порівнянь. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2010. № 1 (17). С. 52–56.
18. Ратушняк Г., Ободянська О. Управління змістом проектів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж : монографія. Вінниця, 2014. 128 с. ISBN 978-966-641-582-3.
19. Паспорт качества №4. Газ горючий природный. СТО Газпром 089-2010. – ОАО «Севернефтегазпром». Газовый промысел Южно-Русского нефтегазоконденсатного месторождения. Апрель 2019 г. URL: [.pdf](#) (дата звернення: 29.10.2019).
20. Протокол аналізування газу № 04-3. Боярське ЛВУМГ. Місце відбору – Хотів. 15–16 жовтня 2019 р. URL: https://kyivgaz.ua/images/docs/pokaznyky/2019_10_17/X.pdf (дата звернення: 30.10.2019).

Predun K.M., Franchuk Yu.Y., Obodyanska O.I. INTELLECTUAL SUPPORT SIMULATION TAKING OF DECISION ON QUALITY ASSESSMENT NATURAL GAS BY THE PARAMETER COMPARISONS

In accordance with the provisions of the Energy Strategy of Ukraine for the period until 2035, despite the significant development of green energy, natural gas remains the main energy source in the country. In connection with the accession to the single European space of regulation of trade in natural gas in the country, all payments for fuel consumption should be made in units of energy. Thus, the decisive issue is the quality of natural gas. One of the peculiarities of the gas supply system is the considerable degree of uncertainty of the change of a large number of disturbing factors of influence and constantly changing parameters of its functioning. Among others, a mathematical model based on fuzzy logic theory was selected for quality assessment. The adequacy of the proposed mathematical model and the algorithm for intelligent support for the management decision making for the implementation of the project for the assessment of natural gas quality using fuzzy logic and linguistic variables requires verification by one of the known independent methods. To solve this problem, the method of pairwise comparisons of T. Saati is proposed, which allows taking into account quantitative and qualitative excitation parameters that affect the quality of natural gas. The model was developed to compare the relative importance of the physicochemical properties of natural gas extracted, the quality of preparation (purification) of natural gas for transportation and technical conditions of operation of the gas distribution system of the settlement at the second level in relation to the general purpose at the first level – the quality of natural gas. Similar matrices are constructed for pairwise comparisons of each alternative in the third tier against the second tier criteria. For the numerical experiment, natural gases of Ukrainian and Russian fields were considered. Quantitative evaluation criteria for the quality of natural gas were obtained. As a result of the research, the share of each factor influencing the final independent conclusions and proposals on the quality of natural gas was determined.

Key words: natural gas, physico-chemical properties, quality, mathematical model, fuzzy logic, pairwise comparison method, matrix, influence factor, priority.

Черепашук Л.А.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Олійник Н.В.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ПОКАЗНИКА ТРУДОМІСТКОСТІ БУДІВНИЦТВА МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ПІД ДІЄЮ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

Малоповерхове житлове будівництво давно є основою ринку нерухомості в більшості європейських країн [2, с. 29–33]. Останнім часом і в Україні все більшої популярності набуває малоповерхове енерго-ефективне житлове будівництво. За даними Державної статистики в 2019 році в Україні прийнято в експлуатацію дачні та садові будинки загальною площею 182,8 тис. м², яка, порівняно з відповідним періодом попереднього року, збільшилася на 8,6% [3]. У зв'язку з попитом на даний вид житла і зростанням вимог до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій виникає потреба у вишукуванні нових конструктивно-технологічних рішень огорожувальних конструкцій в малоповерховому будівництві, що відповідають сучасним вимогам енергозбереження та комфортності проживання. Адже недосконалість цих рішень є причиною підвищених витрат енергоресурсів і веде до величезних тепловтрат, що досягають 80% всіх тепловтрат будівлі. Для виконання дослідження трудомісткості використовувалося економічне й експериментально-статистичне моделювання. Трудомісткість будівельних робіт є важливим показником ефективності технології, який показує сумарні витрати робочого часу, потрібні для виконання всіх робіт. Методика заснована на побудові моделей в програмі АВК-5 (версія 3.4.2) і надалі, з використанням програми СОМРЕХ. Викладена в роботі методика та отримані результати дозволяють визначити закономірності зміни трудомісткості будівництва малоповерхових будівель під впливом організаційно-технологічних факторів. Отримані значення є кошторисно-нормативною трудомісткістю і змінюються залежно від обсягів робіт, проектних рішень, тобто кількості поверхів, висоти приміщень, виду основних конструктивних елементів і так далі. Ця робота спрямована на розвиток нових технологій, зокрема, на невеликі індивідуальні будівлі, які набирають популярності серед населення в умовах складної економічної ситуації в країні.

Ключові слова: будівництво, енергоефективні технології, організаційні фактори, технологічні фактори, моделювання, огорожувальні конструкції, ефективні рішення, малоповерхові будівлі, трудомісткість.

Постановка проблеми. Малоповерхове житлове будівництво давно є основою ринку нерухомості в більшості європейських країн [2, с. 29–33]. Останнім часом і в Україні все більшої популярності набуває малоповерхове житлове будівництво. Це пов'язано з кількома причинами. Насамперед з тим, що малоповерхове будівництво забезпечує швидке введення житла. Крім того, тут простіше застосовувати нові енергоефективні будівельні технології [4, 10, с. 159–163; 11, с. 98–103]. По-друге, будівництво малоповерхових будинків може вестися як на нових земельних ділянках в околицях великих міст, так і в сформованих районах малоповерхової забудови міста. З'являються нові проекти і програми, і передусім це стосується вибору матеріалів і технології зведення огорожувальних кон-

струкцій за показниками їх енергоефективності, трудомісткості і вартості. За даними Державної статистики, в 2019 році в Україні за перші шість місяців прийняли в експлуатацію дачні та садові будинки нового будівництва загальною площею 182,8 тис.м², що на 8,6% більше порівняно з відповідним періодом попереднього року [3]. Сучасні тенденції житлового будівництва вимагають зводити будинки швидше, дешевше, з мінімальними трудовими затратами і механізацією будівельних робіт. Це вимагає системних досліджень впливу організаційно-технологічних факторів на вартість будівництва.

Аналіз останніх досліджень. На цей час більшість проведених досліджень у сфері малоповерхового житлового будівництва ставиться до рішення задач в області вдосконалення наяв-

них конструктивно-технологічних рішень і традиційних технологій їх зведення. Слід зазначити, що величезний внесок у вивчення розвитку технології малоповерхового житлового будівництва зробили такі вчені, як Г.Д. Макалідзе, Я. Павлавскіс, І. Хаддадіна. Серед зарубіжних вчених слід відзначити праці Н. Braunisch, Н. Ehhorn, P. Eriksson та ін. У роботах [1, с. 3–6; 6, с. 40–50; 7] дослідження спрямовані на вибір організаційних режимів і технологічних рішень зведення будівель. Але на цей час залишається малодослідженим вибір організаційно-технологічної схеми будівництва малоповерхових будівель. У більшій частині в роботах акценти ставляться на планування моделей масштабних проєктів: багатоповерхових будівель або об'єктів підприємницької діяльності. Ця робота спрямована на розвиток нових технологій, зокрема, на невеликі індивідуальні будівлі, які набирають популярності серед населення в умовах складної економічної ситуації в країні. З огляду на те, що в роботі поставлено акцент на власній розробці авторів [9], яка ще не досліджена, постало завдання виявлення закономірностей зміни трудомісткості будівництва під впливом організаційно-технологічних факторів.

Основне завдання. З огляду на те, що в роботі поставлено акцент на розвитку нових технологій, зокрема власній розробці авторів [9], яка ще не досліджена, постало завдання визначення впливу організаційно-технологічних факторів на показник трудомісткості зведення енергозберігаючих будівель за новою технологією.

Виклад основного матеріалу. У статті представлені основні результати дослідження впливу організаційно-технологічних факторів на трудомісткість зведення будівлі за новою технологією [9]. Трудомісткість процесу зведення будівлі визначається шляхом експериментально-статистичного моделювання обраних організаційно-технологічних рішень. Для цього використовувалися результати чисельного експерименту, теорія скороченого планування експерименту, експериментально-статистичне моделювання та сучасні комп'ютерні програми.

Далі необхідно розробити економічну модель (у програмі АВК-5) будівельного процесу і побудувати на їх підставі експериментально-статистичні моделі для визначення закономірностей зміни показника трудомісткості будівництва під впливом досліджуваних організаційно-технологічних факторів.

Трудомісткість будівельних робіт є важливим показником ефективності технологій, який

показує сумарні витрати робочого часу, потрібні для виконання всіх робіт. Зменшення трудомісткості робіт і часу роботи машин викликає зазвичай скорочення тривалості виконання процесу, що призводить до зниження накладних витрат і позитивно впливає на собівартість робіт [8, с. 26–40]. Чисельний експеримент по визначенню залежностей між обраними показниками і факторами, які на них впливають, доцільно виконувати з використанням математичної теорії планування скороченого експерименту. Відповідно до класичної теорії планування скороченого експерименту, варійовані чинники знаходяться в діапазоні від -1 до $+1$. Проаналізувавши велику кількість факторів, експертно було вибрано найбільш впливові на показник ефективності. Такими факторами є: X_1 – коефіцієнт використання робочого часу; X_2 – суцільність опалубки; X_3 – кількість технологічних рівнів; X_4 – висота технологічного рівня.

Коефіцієнт використання робочого часу розраховується за формулою 1:

$$\kappa = \frac{T_{\phi}}{T_{\text{м.м.ф.}}} = \frac{\text{кількість змін} \cdot \text{тривалість зміни в годинах} \cdot \text{кількість днів (фактичні)}}{\text{кількість змін} \cdot \text{тривалість зміни в годинах} \cdot \text{кількість днів (максимальні)}}, \quad (1)$$

де T_{ϕ} – фактично відпрацьовані години за тиждень прийнятого режиму роботи;

$T_{\text{м.м.ф.}}$ – максимально можливий фонд робочого часу на тиждень.

$$\kappa = \frac{1 \cdot 8 \cdot 5}{3 \cdot 8 \cdot 7} = \frac{40}{168} = 0,24 \quad (\text{Час роботи} - 8.00-12.00; 13.00-17.00);$$

$$\kappa = \frac{1 \cdot 12 \cdot 7}{3 \cdot 8 \cdot 7} = \frac{84}{168} = 0,5 \quad (\text{Час роботи} - 7.00-13.00; 14.00-20.00);$$

$$\kappa = \frac{2 \cdot 9 \cdot 7}{3 \cdot 8 \cdot 7} = \frac{126}{168} = 0,75 \quad (\text{Час роботи} - 7.00-11.30; 12.00-16.30 - перша зміна; 16.30-21.00; 21.30-02.00 - друга зміна).$$

Кількість технологічних рівнів вибрано експертно, відповідно до сучасних проєктів малоповерхових будівель: 1 рівень – одноповерхова будівля; 2 рівень – одноповерхова будівля з мансардою; 3 рівень – двоповерхова будівля з мансардою. Суцільність опалубки базувалася на мінімальному значенні (18%) відповідно до нормативних документів по теплоізоляції [4]: варіювання цього чинника прийнято в межах $50 \pm 32\%$. Висота технологічного рівня за мінімального значення фактора прийнята 2,5 м. За основу взято нормативний документ [5], який регламентує висоту житлових приміщень від підлоги до стелі – не менше 2,5 м. Тому варіювання цього чинника прийнято в межах $3 \pm 0,5$ м.

Варіювання організаційно-технологічних факторів та їх чисельні характеристики представлені в таблиці 1.

Фактори і рівні їх варіювання

Рівні варіювання	Фактори			
	організаційні		технологічні	
	X_1 коєф. використання робочого часу	X_2 суцільність опалубки, %	X_3 кількість технологічних рівнів	X_4 висота технологічного рівня, м
-1	0,24	18	1	2,5
0	0,5	50	2	3,0
+1	0,75	82	3	3,5

Таблиця 2

План і результати експериментально-статистичного моделювання

№ точки	Кодовані фактори				Натурні фактори			
	X_1 Коєф. використання робочого часу	X_2 Суцільність опалубки, %	X_3 Кількість технологічних рівнів	X_4 Висота технологічного ярусу, м	X_1 Коєф. використання робочого часу	X_2 Суцільність опалубки, %	X_3 Кількість технологічних рівнів	X_4 Висота технологічного ярусу, м
1	1	1	1	1	0,75	82	3	3,5
2	1	1	1	-1	0,75	82	3	2,5
3	1	1	-1	1	0,75	82	1	3,5
4	1	1	-1	-1	0,75	82	1	2,5
5	1	-1	1	1	0,75	18	3	3,5
6	1	-1	1	-1	0,75	18	3	2,5
7	1	-1	-1	1	0,75	18	1	3,5
8	1	-1	-1	-1	0,75	18	1	2,5
9	-1	1	1	1	0,24	82	3	3,5
10	-1	1	1	-1	0,24	82	3	2,5
11	-1	1	-1	1	0,24	82	1	3,5
12	-1	1	-1	-1	0,24	82	1	2,5
13	-1	-1	1	1	0,24	18	3	3,5
14	-1	-1	1	-1	0,24	18	3	2,5
15	-1	-1	-1	1	0,24	18	1	3,5
16	-1	-1	-1	-1	0,24	18	1	2,5
17	1	0	0	0	0,75	50	2	3,0
18	-1	0	0	0	0,24	50	2	3,0
19	0,02	1	0	0	0,5	82	2	3,0
20	0,02	-1	0	0	0,5	18	2	3,0
21	0,02	0	1	0	0,5	50	3	3,0
22	0,02	0	0	1	0,5	50	2	3,5
23	0,02	0	-1	0	0,5	50	1	3,0
24	0,02	0	0	-1	0,5	50	2	2,5
25	0,02	0	0	0	0,5	50	2	3,0

Згідно з прийнятим планом чисельного експерименту (табл. 2) зведення малоповерхової будівлі за проектом «Терція» площею в плані 130 м² розраховане 25 варіантів обсягів робіт. Вони використовувалися для подальшої побудови економічних моделей (у вигляді кошторисних розрахунків)

по зведенню будівлі за різного поєднання рівнів варіювання досліджуваних факторів. Дані по трудомісткості будівельних процесів для кожного досвіду отримані за допомогою комп'ютерної програми АВК-5 версії 3.4.2 у вигляді економічної моделі. Кошторисні розрахунки включають

такі розділи: земляні роботи; фундамент стрічковий монолітний; стіни в незнімній опалубки; монолітне з/б перекриття; дах і покрівля; віконні та дверні прорізи; внутрішнє та зовнішнє оздоблення. Всі кошторисні розрахунки перетворювалися до розрахункового показника 100 м² в плані.

Вплив коефіцієнта використання робочого часу, суцільності опалубки, кількості і висоти технологічних рівнів на трудомісткість будівництва представлено у вигляді математичної моделі (формула 2):

$$T = 2,916 - 0 x_1 + 0 x_1^2 - 0 x_1x_2 - 0 x_1x_3 + 0 x_1x_4 - 0,011 x_2 + 0 x_2^2 - 0,005 x_2x_3 + 0 x_2x_4 + 0,532 x_3 + 0,316 x_3^2 + 0,051 x_3x_4 + 0,142 x_4 + 0 x_4^2 \quad (2)$$

З цієї математичної моделі видно, що фактор X_1 (коефіцієнт використання робочого часу) не має впливу на показник трудомісткості. Це пояснюється тим, що він належить до організаційних чинників, а трудомісткість залежить від впливу технологічних факторів. Найбільший вплив на показник трудомісткості надає фактор X_3 (кількість технологічних рівнів) з коефіцієнтом 0,532 за його нормального впливу, 0,316 – за квадратичного і 0,051 – за поєднання з фактором X_4 (висота технологічного рівня). Тобто відзначається лінійна залежність: за підвищення технологічних рівнів підвищується трудомісткість. Фактор X_2 (суцільності опалубки) має найменший вплив, його коефіцієнт дорівнює 0,011 за нормальної форми і 0,005 за поєднання з фактором X_3 (кіль-

кість технологічних рівнів). Розглядаючи знаки при змінних першого ступеня фактора X_2 (суцільності опалубки), який є негативним, можна відзначити що при збільшенні суцільності опалубки витрати праці по установці панорамного скління менше, ніж витрати праці під час виробництва технологічних операцій пристроїв багатошарової стіни.

Вплив кожного з факторів на тривалість будівництва в зоні їх екстремальних значень показано на рис. 1.

Вищий ступінь впливу факторів на даний показник ефективності є різним. Зокрема, найвищий ступінь впливу (100%) на трудомісткість надає фактором X_3 (кількість технологічних рівнів) в зонах максимуму і мінімуму, який має прямо пропорційну залежність параболічної форми. За зміни X_3 від -1 (1 рівень) до 0 (2 рівнів) значення трудомісткості збільшується від 2,8 до 3,1 тис. люд. год або на 11% і від 0 (2 рівня) до +1 (3 рівня) від 3,1 до 4 тис. люд. год або на 29% в зоні максимуму. Фактори X_1 , X_2 , X_4 мають прямолінійну залежність. Вплив фактора X_4 (висота технологічного рівня) виражено не так явно і дорівнює 32% і 20% в зонах максимуму і мінімуму відповідно, щодо фактора X_3 (кількість технологічних рівнів). Далі видно, що фактор X_1 (коефіцієнт використання робочого часу) і X_2 (суцільність опалубки) не мають впливу на показник трудомісткості у всіх зонах. Це зумовлено зміною характеру виробничих процесів, тобто збільшується відсоток скління, отже, зменшується відсоток влаштування стін, які за витратами праці більш ємні.

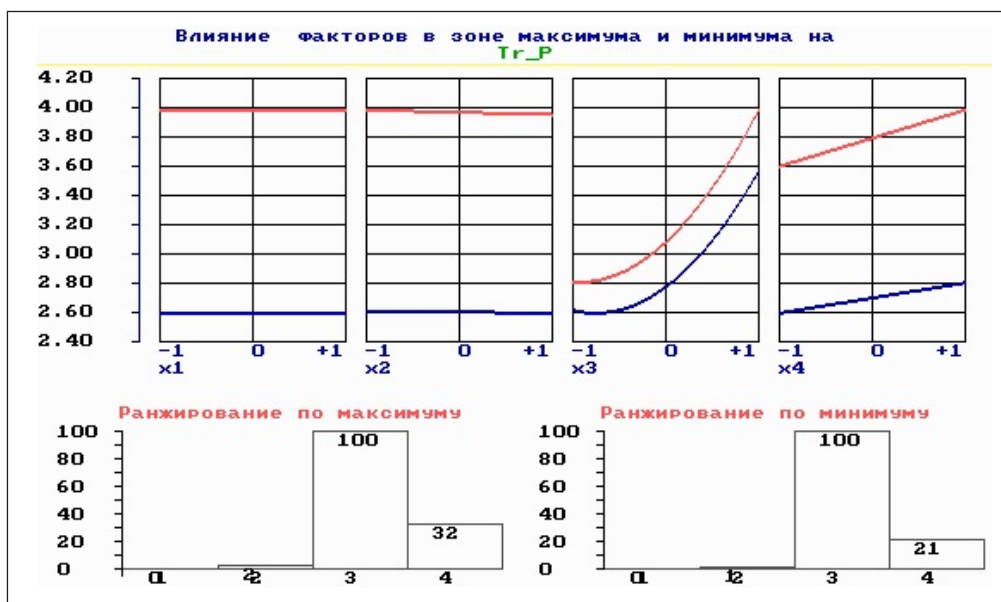


Рис. 1. Однофакторна діаграма в зонах мінімуму і максимуму для трудомісткості будівництва

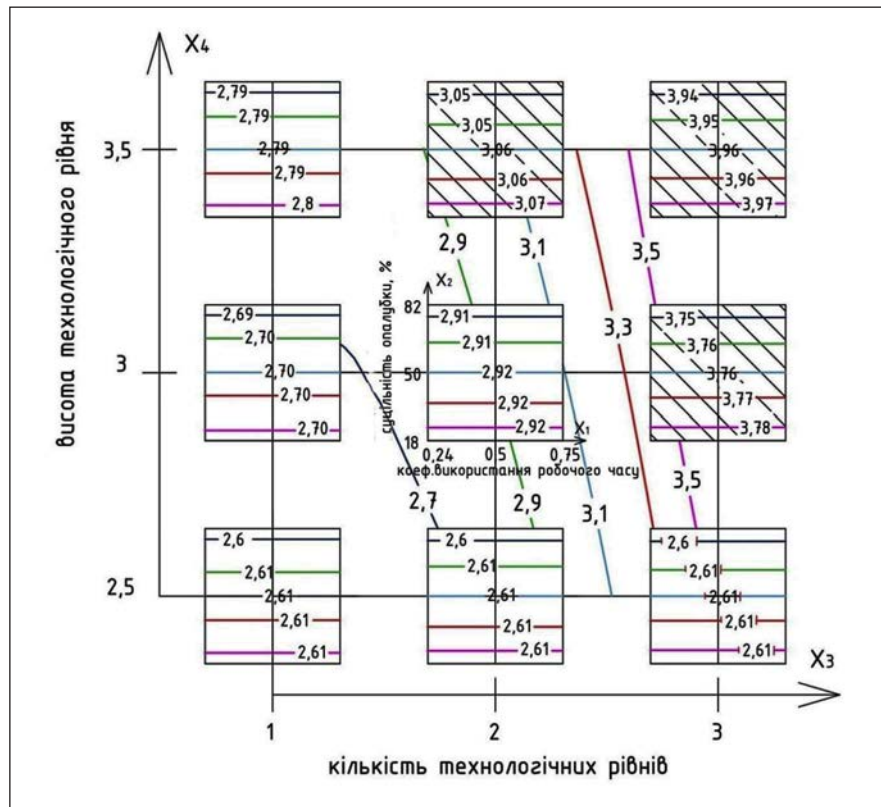


Рис. 2. Діаграма типу «квадрат на квадраті», яка відображає вплив 4 факторів на трудомісткість будівництва

У нашому дослідженні показник трудомісткості будівництва будівлі та окремих виробничих процесів визначався на підставі кошторисного розрахунку в програмному комплексі АВК-5. Далі представлено діаграму типу «квадрат на квадраті», яка відображає вплив 4 факторів на трудомісткість будівництва (рис. 2).

Отримані значення є кошторисно-нормативною трудомісткістю і змінюються залежно від обсягів робіт, проектних рішень, тобто кількості поверхів, висоти приміщень, виду основних конструктивних елементів і так далі. Тому кордоном ефективності є середні значення між показниками, отриманими на підставі економічних моделей у вигляді кошторисів, за різних рівнів варійованих факторів. Таким чином, це значення дорівнює 3 000 люд./год. Зони, в яких значення щонайменше 3 000 люд./год., є технологічно ефективними, а ті, в яких більше – неефективними і позначені штрихуванням. Слід зазначити, що організаційний фактор – коефіцієнт використання робочого часу X_1 , не впливає на трудомісткість будівництва (рис. 2).

Відзначено, що вплив всіх факторів на показник трудомісткості є лінійним, тобто за збільшення одного з факторів збільшується і трудомісткість, крім, як говорилося вище, коефіцієнта

використання робочого часу. З діаграми видно, що неефективними є три зони. Перша, за $X_3 = 2$ технологічних рівнях, $X_4 = 3,5$ м висоти технологічного рівня, друга за $X_3 = 3$, $X_4 = 3,5$ м і 3 м і при всіх рівнях варіювання фактора X_1 (коефіцієнта використання робочого часу) від 0,24 до 0,75, фактора X_2 (суцільності опалубки) від 18% до 82%. Максимальна трудомісткість в 3,973 люд./год досягається за: суцільності опалубки $X_2 = 82\%$, кількості технологічних рівнів $X_3 = 3$ і висоті технологічного рівня $X_4 = 3,5$ м. Решта залежностей зміни трудомісткості представлені на діаграмах під впливом всіх рівнів варіювання факторів X_1 від 0,24 до 0,75 і X_2 від 18% до 82% при 6 варіантах кількості технологічних рівнів (X_3) і висоті технологічних рівнів (X_4) є ефективними. Слід зазначити, що графіки залежності трудомісткості від висоти технологічного рівня (X_4) 2,5 м і кількості технологічних рівнів (X_3) від 1-го до 3-х є незмінними. Трудомісткість становить 2610 люд.-год і є найефективнішою. Це пояснюється тим, що трудомісткість виробничих процесів зведення стін залежить від обсягів робіт, які в межах варіювання фактора X_4 -висота технологічного рівня від 2,5 м до 3,5 м не є значним щодо всього обсягу по будівлі.

Висновки. Як найбільш ефективне рішення будівництва будівлі є рішення з мінімальною трудомісткістю в 2,603 люд./год/будівля площею в плані 100 м² (рис.2), яка можлива за таких поєднань факторів: $X_4 = 2,5$ м (висота технологічного рівня), $X_3 = 1$ (кількість технологічних рівнів), $X_1 = 0,24$ (коефіцієнт використання робочого часу) і $X_2 = 82\%$ (суцільності опалубки). У підсумку на підставі зазначених вище обмежень були

отримані зони оптимальних значень показників трудомісткості для будівлі площею в плані 100 м² $T =$ від 2,610 до 2,910 люд./год. На підставі графіка (рис. 2), в межах факторного простору досліджувані показники може змінюватися в межах зменшенні трудомісткості в 1,5 рази ($T_{\max} = 3,973$ люд./год. при $X_1 = 0,4$, $X_2 = 18\%$, $X_3 = 3$, $X_4 = 3,5$ м; $T_{\min} = 2,603$ люд./год. при $X_1 = 0,3$, $X_2 = 82\%$, $X_3 = 1$, $X_4 = 2,5$ м).

Список літератури:

1. Менейлюк А.А. [и др.] Выбор организационных режимов строительства торгово-развлекательного центра. *Будівельне виробництво*. 2017. № 63/1. С. 3–6.
2. Гирич В.Ю. Аналіз досвіду проектування та будівництва енергоефективних та екологічно безпечних будинків у Швеції. *Будівництво України*. 2009. № 1–2. С. 29–33.
3. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
4. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Київ : Мінрегіонбуд України. 2017. 37 с.
5. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Київ : Держбуд України, 2005. 45 с.
6. Менейлюк А.И., Никифоров А.Л. Влияние организационно-технологических факторов на структуру затрат предприятия по строительству и реконструкции элеваторов. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. № 12 (225). С. 40–50.
7. Менейлюк А.И., Ершов М.Н., Никифоров А.Л., Менейлюк И.А. Оптимизация организационно-технологических решений реконструкции высотных инженерных сооружений. Київ : ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. 332 с.
8. Новицкий, Н.И., Пашуто В.П. Организация, планирование и управление строительным производством Москва. Финансы и стат., 2007. 576 с.
9. Багатошарова стінова панель: пат. 123124 Україна: МПК E04B 2/42 (2006.01). №. u2017 08823; заявл. 04.09.2017; опуб. 12.02.2018, Бюл.№3/2018.
10. Рабінська О.П. Ефективні енергозберігаючі конструкції малоповерхових житлових будинків. *Містобудування та територіальне планування*: наук.-техн. зб. Київ. 2012. Вип. 45, Ч. 2. С. 159–163.
11. Синенко С.А., Славин А.М. К вопросу выбора оптимального организационно-технологического решения возведения зданий и сооружений. *Научное обозрение*, 2016. № 1. С. 98–103.

Cherepashuk L.A., Olejnik N.V. REGULARITIES IN THE CHANGE IN THE LABOR INTENSITY OF CONSTRUCTION OF LOW-RISE BUILDINGS, UNDER THE INFLUENCE OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS

Low-rise housing construction has long been the backbone of the real estate market in most European countries [2, с. 29–33]. Recently, in Ukraine, low-rise energy-efficient housing construction is gaining in popularity. According to the State Statistics in 2017 in Ukraine, summer and garden houses with a total area of 73.4 thousand square meters were put into operation, which, in comparison with the corresponding period of the previous year, increased by 16.8% [3]. In connection with the demand for this type of housing and the growth of requirements for heat engineering indicators, enclosing structures, there is a need to find new constructive and technological solutions for enclosing structures in low-rise construction that meet modern requirements for energy saving and comfort of living. After all, imperfection of constructive solutions of external enclosing structures is the reason for a large expenditure of energy resources and leads to huge heat losses, which account for 80% of all heat losses in the building. For the implementation of the study, economic and experimental statistical modeling was used. The complexity of construction work is an important indicator of the effectiveness of the technology, which shows the total labor time required to complete all the work. The methodology is based on building models in the AVK-5 program (version 3.4.2) and analyzing them using the COMPEX program. The methodology and results obtained in this paper make it possible to determine the patterns of labor intensity change in the construction of low-rise buildings under the influence of organizational and technological factors. The values obtained are the estimated regulatory complexity and vary depending on the volume of work, design solutions, ie the number of floors, the height of the premises, the type of basic structural elements, etc. This work is aimed at the development of new technologies, in particular small individual buildings that are gaining popularity in the face of the difficult economic situation in the country.

Key words: construction, energy efficient technologies, organizational factors, technological factors, modeling, enclosing structures, efficient solutions, low-rise buildings, labor intensity.

ГЕОДЕЗІЯ

УДК 332.3.003.12

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/36>

Домашенко Г.Т.

Уманський національний університет садівництва

Міхно П.Б.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Артамонов В.В.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Рудоман Ю.А.

ДП «Кропивницький інститут землеустрою»

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ДЛЯ СТРАТЕГІЧНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ГЕНЕРАЛЬНИХ ПЛАНІВ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Стратегічна екологічна оцінка має виявити найоптимальніший сценарій досягнення максимально можливого рівня збереження довкілля. Переваги стратегічної екологічної оцінки полягають у підвищенні якості розроблення стратегій, планів і програм, виявленні нових можливостей розвитку та запобіганні збитків внаслідок усунення можливої шкоди навколишньому середовищу ще на стадії планування.

Загальна проблема застосування стратегічної екологічної оцінки в Україні полягає у новизні цього заходу, що потребує врахування зарубіжного досвіду її виконання та належного методологічного забезпечення. Проблемою, яка потребує особливої уваги, є обґрунтування і вибір методів виконання стратегічної екологічної оцінки для конкретних видів проектної документації та матеріалів стратегічного планування.

Новизною дослідження є рекомендації щодо порядку застосування експертних оцінок для розв'язання ключових завдань стратегічної екологічної оцінки генеральних планів населених пунктів. Визначено особливості такого застосування. Для встановлення рейтингу екологічних проблем планованої діяльності запропоновано застосовувати метод апріорного ранжування. Пропозиції реалізовані на прикладі генерального плану села Зелене Петрівського району Кіровоградської області. Проведено опитування експертів.

Складено матрицю рангів екологічних проблем. Розроблено апріорну діаграму рангів. Складено рейтинг екологічних проблем. Визначено найбільш важливі проблеми, яким потрібно приділити особливу увагу, і найменш важливі, якими можна знехтувати при подальшому аналізі та оцінці стану навколишнього середовища на території цього населеного пункту.

Ключові слова: стратегічна екологічна оцінка, апріорне ранжування, ранг, документ державного планування, генеральний план.

Постановка проблеми. У контексті стратегії сталого (збалансованого) розвитку суспільства та європейської інтеграції України одним із дієвих заходів запобігання погіршення поточного стану навколишнього середовища є оцінка документів щодо планування територіального розвитку держави з точки зору впливу на довкілля. Важливими аспектами такої оцінки є правові (обов'язки, відповідальність суб'єктів оцінки),

екологічні (відповідність результатів оцінки реальному стану об'єкта, реалістичність прогнозів щодо покращення стану довкілля) та соціально-економічні (отримання певного позитивного економічного ефекту від вибору найбільш раціональних варіантів розвитку та переваг для соціальної сфери із дотриманням екологічних вимог і обмежень на провадження господарської діяльності).

У практиці багатьох країн застосовуються оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) та стратегічна екологічна оцінка (СЕО). Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» [1, с. 206] регламентовано необхідність виконання екологічної експертизи проектів, програм, планів і техніко-економічних обґрунтувань розвитку.

Для вдосконалення механізму оцінки можливого впливу на довкілля від реалізації проектів та програм останнім часом прийнято та уведено у дію нові Закони України [2; 3] та методичні рекомендації щодо практичної реалізації їх положень [4]. Закон України «Про оцінку впливів на довкілля» [3] встановлює правові та організаційні засади оцінки впливу на довкілля, спрямованої на запобігання нанесення шкоди довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, охорони довкілля, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, у процесі прийняття рішень щодо провадження господарської діяльності. Закон «Про стратегічну екологічну оцінку» [2] визначає підстави, об'єкти, повноваження суб'єктів господарювання та особливості СЕО матеріалів державного планування.

Актуальність дослідження визначається інтеграцією України у простір Європейського Союзу, що потребує, зокрема, адаптації вітчизняного державного територіального планування до європейських концепцій за переваги екологічного імперативу. СЕО обов'язкова для виконання всіма країнами – членами ЄС.

Завдання дослідження пов'язані із реалізацією положень міжнародних та вітчизняних концепцій щодо виконання екологічної оцінки документів державного планування, таких як: Директива 2001/42/ЄС, Конвенція про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методологічні засади застосування СЕО пропонованих стратегій, планів і програм в різних галузях в Україні і світі досліджують Г.Б. Марушевський, М.В. Хотулева, А.В. Чернишевська, І.В. Шевченко, В. Sadler та інші. Водночас, недостатньо дослідженою залишається проблема методичного забезпечення практичного впровадження СЕО.

Наукові дослідження у цій сфері [5; 6, с. 82] пропонують різні підходи до виконання СЕО різних документів державного планування. Спільною їх ознакою є бажаність та доцільність залучення у якості експертів фахівців зі споріднених галузей – екології, землеустрою, містобудування,

охорони праці, охорони здоров'я для оцінки альтернативних варіантів територіального розвитку з точки зору впливу на довкілля. Залучення зацікавлених спеціалістів до обговорення проблем і перспектив матиме довгостроковий позитивний наслідок через підвищення суспільної обізнаності та краще висвітлення проблем території [5–8].

Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 10.08.2018 № 296 [4] визначає загальний перелік підходів, методів та способів, які можна застосовувати для розв'язання завдань СЕО, проте без конкретизації у розрізі землевпорядної, містобудівної документації та матеріалів стратегічного планування.

Формулювання цілей статті. Незважаючи на значну теоретичну вивченість проблеми, потребують подальшої наукової розробки питання, пов'язані зі стратегічною екологічною оцінкою містобудівної документації. Завданням дослідження є обґрунтування застосування методу апріорного ранжування для стратегічної екологічної оцінки генеральних планів населених пунктів.

Методологічне або загальнонаукове значення полягає у застосуванні механізму зменшення ваги суб'єктивної складової у експертних судженнях під час виконання стратегічної екологічної оцінки. Розвинуто існуючі рекомендації [4] у розрізі покращення виконання стратегічної екологічної оцінки генеральних планів сіл та селищ.

Виклад основного матеріалу дослідження. Стратегічна екологічна оцінка – це процес виявлення та врахування факторів впливу та можливих наслідків від реалізації стратегій, планів, програм, що розробляються та впроваджуються [5].

СЕО підлягають [2; 8, с. 3] прогнози та програми економічного та соціального розвитку України, АР Крим, областей, районів, міст, прогнозів розвитку галузей економіки, містобудівна документація [9] та схеми землеустрою, виконання яких передбачає реалізацію діяльності, що потребує [3] оцінки впливів на довкілля. Тому стратегічній екологічній оцінці підлягають очікувані для довкілля наслідки виконання документів державного планування, можливі альтернативи.

СЕО здійснюється у процесі розроблення документа державного планування за принципами наукової обґрунтованості, законності, об'єктивності, участі громадськості, збалансованості інтересів, комплексності, запобігання екологічній шкоді, достовірності.

У процесі стратегічної екологічної оцінки документа державного планування розв'язують такі основні завдання [2; 5; 7, с. 54]: аналіз цілей;

аналіз поточного стану довкілля і трендів розвитку; аналіз стану довкілля на територіях, які ймовірно зазнають впливу; визначення екологічних проблем; аналіз потенційно можливих наслідків для довкілля; визначення заходів для запобігання, зменшення, пом'якшення негативних наслідків; вибір виправданих альтернатив; обґрунтування заходів моніторингу довкілля; аналіз ймовірних транскордонних наслідків.

Інструментами СЕО рекомендується [4; 5] застосовувати матриці, ГІС-моделі, експертні оцінки. Вихідними даними для виконання оцінки, є: доповіді про стан довкілля, статистичні збірники, екологічні паспорти, нормативні та законодавчі акти, що мають відношення до документів державного планування, дані моніторингу довкілля, експертні оцінки.

Експертні оцінки можна отримати шляхом кількісного вираження вербальних експертних суджень членів робочої групи з виконання стратегічної екологічної оцінки. Експерти повинні бути ознайомлені із досліджуваною проблемою, приймати участь у її розв'язанні, мати однаковий або співставлений рівень компетентності і не бути особисто зацікавленими в будь-якому варіанті.

Експерти формують свої судження на підставі практичного досвіду, проведеного теоретичного аналізу, знайомства з аналогічними розробками закордонних авторів та власної інтуїції. Експертні оцінки можна застосовувати для встановлення рейтингу екологічних проблем об'єкта провадження планованої діяльності, аналізу альтернатив, визначення відповідності екологічних цілей документа державного планування стратегічним екологічним цілям регіональних програм розвитку.

При цьому найбільш важливими з точки зору стратегічної екологічної оцінки є аналіз альтернативних рішень документа державного планування для знаходження можливостей зменшення негативного впливу на довкілля і аналіз екологічної ситуації на території місцезнаходження об'єкта планованої діяльності для складання рейтингу екологічних проблем. Адже правильно оцінений ступінь важливості екологічних проблем певним чином дозволяє визначати шляхи їх усунення або зменшення, та загальну ефективність природоохоронних заходів.

Авторами пропонується наступний порядок роботи робочої групи з розроблення СЕО. Звіт складається інженером-землепорядником, який розв'язує більшість завдань СЕО самостійно, але із урахуванням порад від членів робочої групи

на підставі отриманої від них додаткової інформації. При цьому встановлення альтернатив здійснюється колегіальним обговоренням, а рейтинг екологічних проблем встановлюється шляхом обробки експертних оцінок, отриманих в результаті незалежного анкетування експертів.

Для встановлення відповідності екологічних цілей документа державного планування стратегічним екологічним цілям діючих регіональних програм розвитку доцільно застосувати їх нечітку оцінку за методом нечітких множин для більш адекватного відображення різних ступенів неповної відповідності.

Щодо встановлення рейтингу екологічних проблем, то найпростішим варіантом є їх розташування в порядку зменшення соціальної та екологічної значущості. Недоліком такого підходу є складність правильного встановлення рейтингу взаємозалежних екологічних проблем або таких, що є наслідками інших. Можна припустити, що подібні проблеми повинні мати однакову вагу у ряді проблем. Тому доцільним є застосування апріорного ранжування, яке дозволяє надавати однаковий ранг проблемам рівної важливості. За допомогою ранжування екологічні проблеми розміщуються в порядку спадання їх впливу на стан довкілля (зменшення важливості, пріоритетності або першочерговості).

У наукових дослідженнях обґрунтовано засоби, які надають надійні результати оцінки узгодженості експертних суджень різних експертів [10, с. 32; 11, с. 143]. Такими засобами, зокрема, є коефіцієнт конкордації та критерій Пірсона. Відповідне експертне опитування щодо екологічних проблем доцільно здійснювати у два етапи. На першому експерти незалежно один від одного формують перелік екологічних проблем планованої діяльності (або об'єкта планованої діяльності). Шляхом об'єднання переліків кожного експерта формується загальний перелік, що містить усі екологічні проблеми. На другому етапі екологічні проблеми ранжуються.

Одним із проблемних питань експертного опитування є встановлення мінімально необхідної (достатньої) кількості експертів та їх якісного складу. Зрозуміло, що при збільшенні кількості експертів вплив судження кожного окремого експерта на ваги оцінюваних параметрів зменшується і результати можуть бути більш достовірними. Хоча це не відміння цілком можливої ситуації, за якої можуть помилятися, або мати суперечливі судження усі залучені до аналізу експерти, що з різних причин мислять однаково.

Тому головним критерієм має бути не велика, статистично обґрунтована, кількість експертів, а забезпечення їх бажаного якісного складу. Переважно, це стосується глибини та рівня знань щодо досліджуваної проблеми, що визначається досвідом практичної та теоретичної роботи. При цьому необхідно охопити усі аспекти досліджуваної проблеми. Тому до складу експертної групи доцільно включити фахівців, що мають досвід участі у розробці подібної документації з державного планування та звітів з їх стратегічної екологічної оцінки, а саме: інженера-землевпорядника, інженера-еколога, інженера з охорони праці, спеціаліста у сфері контролю за санітарно-епідеміологічним станом довкілля та охорони здоров'я населення, науковця, представника громадської екологічної організації, представника територіальної громади (жителя населеного пункту у зоні впливу об'єкта планованої діяльності), а також посадових осіб органу місцевого самоврядування (сільської, міської, районної або обласної ради), місцевої державної адміністрації та територіального органу Держгеокадастру, які мають пряме відношення до планованої діяльності.

Пропонований алгоритм застосування експертних оцінок для СЕО документів державного планування наведено на рис. 1.

Коефіцієнт конкордації визначається за формулою [11, с. 143]:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta i_i)^2}{l^2 \cdot (n^3 - n) - l \sum_{j=1}^l \left(\sum_{p=1}^z (t_{jp}^3 - t_{jp}) \right)}, \quad (1)$$

$$\text{де: } \Delta i_i = \sum_{j=1}^l c_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^l c_{ij} \right)}{n};$$

l – кількість експертів у анкетуванні; n – кількість ранжованих величин; z – кількість груп з однаковими рангами у j -того експерта; t_{jp} – кількість факторів у групі p ; c_{ij} – ранг i -го фактора у j -го експерта.

Значущість коефіцієнта конкордації перевіряють критерієм Пірсона:

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta i_i)^2}{l \cdot n \cdot (n + 1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^l \left(\sum_{p=1}^z (t_{jp}^3 - t_{jp}) \right)}. \quad (2)$$

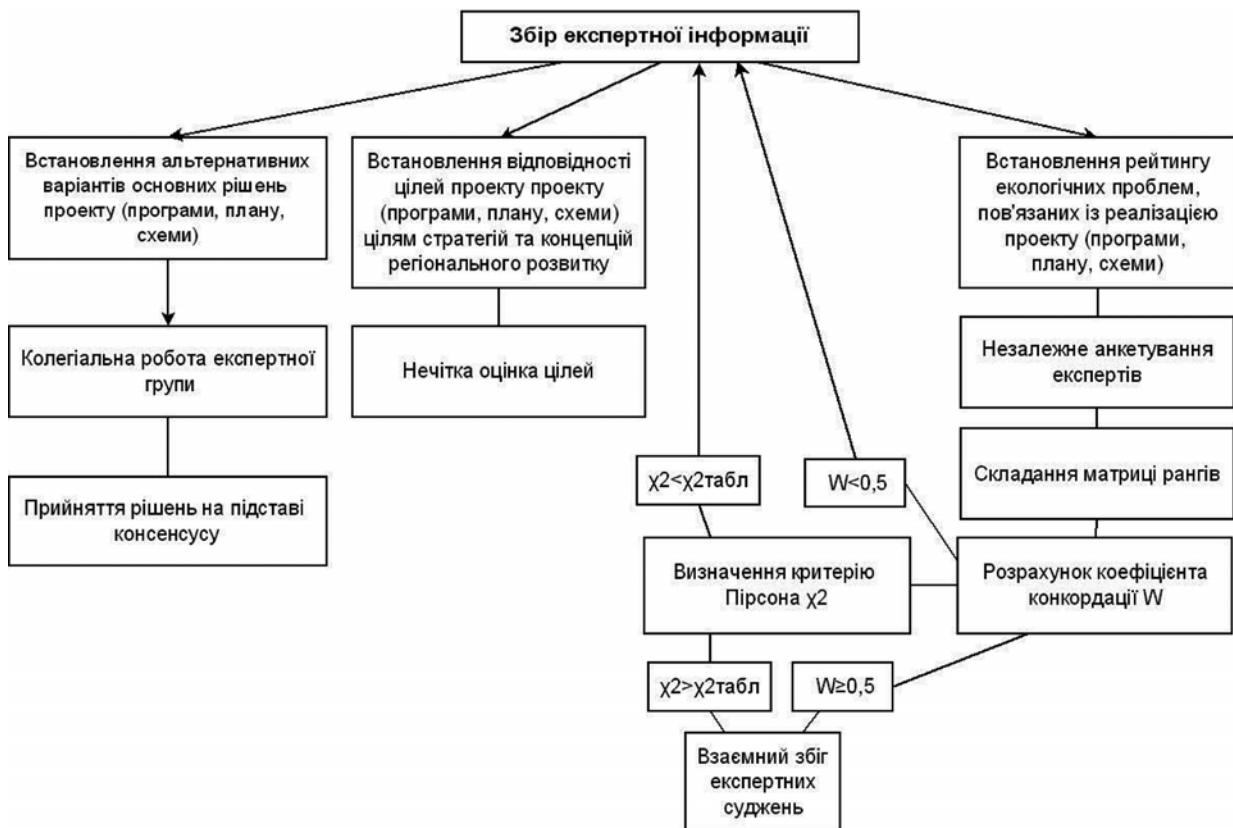


Рис. 1. Алгоритм застосування експертних оцінок для стратегічної екологічної оцінки документів державного планування

Групою з 10 експертів встановлено перелік екологічних проблем села Зелене Петрівського району Кіровоградської області (генплан цього села і звіт з його стратегічної екологічної оцінки знаходяться у стадії розробки):

- I. Наявність підприємства з виробництва пілетів з відходів сільськогосподарської продукції;
- II. Забруднення повітря продуктами горіння через виробництво пілетів;
- III. Знаходження південної частини села (за нормами ДСП 173-96. Держані санітарні правила планування і забудови населених пунктів) у межах санітарно-захисної зони кар'єру № 4 Центрального гірничозбагачувального комбінату (ЦГЗК);
- IV. Періодичне акустичне забруднення повітря внаслідок видобування залізної руди на кар'єрі № 4 ЦГЗК;
- V. Періодичне забруднення повітря пилом внаслідок видобування залізної руди на кар'єрі № 4 ЦГЗК;
- VI. Відсутність або незадовільний стан каналізаційних мереж;
- VII. Обмеженість джерел водопостачання;
- VIII. Недостатня розвиненість системи екологічного моніторингу;
- IX. Низький рівень використання відновлювальних джерел енергії;
- X. Низький рівень впровадження енергоощадних технологій при будівництві будівель і споруд;

XI. Низький рівень екологічної культури у населення.

XII. Замулення русел річок в межах села та необхідність їх розчищення.

У табл. 1 наведено приклад апріорного ранжування екологічних проблем села Зелене.

Експерти встановили ранги проблем (табл. 1), користуючись власним практичним досвідом та статистичними даними з відкритих джерел [12–14].

Табличне значення критерію Пірсона менше розрахункового, а коефіцієнт конкордації значно відрізняється від нуля та наближається до одиниці, тому можна стверджувати про достатню узгодженість експертних суджень (з довірчою ймовірністю 95%). Апріорна діаграма рангів наведена на рис. 2.

Чим менша сума рангів (рис. 2), тим більший вплив ця проблема здійснює на стан навколишнього середовища.

Найважливішими проблемами на території с. Зелене є виробництво пілетів, забруднення повітря, безпосередня близькість до залізничного кар'єру. Убування немонотонне і нерівномірне (рис. 2). Тому відкинути за результатами попереднього аналізу можна найменш впливові проблеми для довкілля: низький рівень використання відновлювальних джерел енергії, впровадження

Таблиця 1

Матриця рангів екологічних проблем с. Зелене

Експерт	Ранги порівнюваних проблем											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1,5	1,5	4	4	4	7	7	9	10,5	10,5	12	7
2	4	5	1	2,5	2,5	9	7	6	11	11	11	8
3	1	2	3	4,5	4,5	7,5	7,5	9,5	11,5	11,5	9,5	6
4	2	1	5	3,5	3,5	8	7	9	11	10	12	6
5	1	3	2	4	5	7	6	11	9,5	9,5	12	8
6	1,5	1,5	3	4,5	4,5	7,5	7,5	11	9,5	9,5	12	6
7	2	1	5	4	3	7,5	7,5	7,5	11	11	11	7,5
8	1	2	3	4	5	7,5	7,5	10	11,5	11,5	7,5	7,5
9	1,5	1,5	4	4	4	7,5	7,5	7,5	10	11	12	7,5
10	1	2	3	4	5	7	8	9	11	10	12	6
$\sum_{j=1}^l c_{ij}$	16,5	20,5	33	39	41	75,5	72,5	89,5	106,5	105,5	111	69,5
\varnothing_i	-48,5	-44,5	-32	-26	-24	10,5	7,5	24,5	41,5	40,5	46	4,5
\varnothing^2	2352,25	1980,25	1024	676	576	110,25	56,25	600,25	1722,25	1640,25	2116	20,25
$\sum_{i=1}^n (\Delta_i^2) = 12874$	$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^l c_{ij} \right) = 780$		$\frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^l c_{ij} \right)}{n} = 65$			$\sum_{j=1}^l \left(\sum_{p=1}^n (t_{jp}^3 - t_{jp}) \right) = 396$			W = 0,92; $\chi^2 = 101,4$; $\chi^2_{\text{табл}} = 19,68$ для кількості ступенів свободи $f = 12 - 1 = 11$ і рівня значущості 5%.			

енергоощадних технологій при будівництві, низький рівень екологічної культури.

Висновки. Розвинуто методичні підходи до виконання експертного оцінювання проблем територіального розвитку. Досліджено особливості застосування апріорного ранжування під час SEO генеральних планів населених пунктів. Запропоновано алгоритм розв'язання тих завдань стратегічної екологічної оцінки, які потребують застосування порівняльного аналізу досліджуваних проблем та цілей за ступенем вагомості. За допомогою апріорного ранжування встановлено рейтинг екологічних проблем села Зелене.

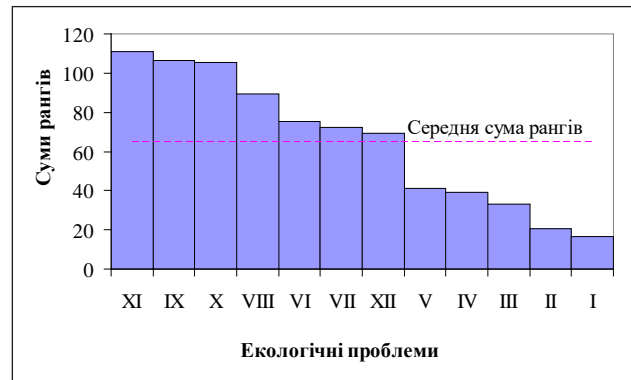


Рис. 2. Апріорна діаграма рангів

Список літератури:

1. Лісовий кодекс України. Кодекс України про надра. Водний кодекс України. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». К.: Юрінком Інтер, 2006. 272 с.
2. Про стратегічну екологічну оцінку: Закон України від 20.03.2018 № 2354-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19>.
3. Про оцінку впливів на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>.
4. Про затвердження Методичних рекомендацій із здійснення стратегічної екологічної оцінки документів державного планування: Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 10.08.2018 № 296. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/nakazy/2018/nakaz_296.pdf.
5. Sadler B. Environmental Assessment In A Changing World: Evaluating Practice to Improve Performance. International Study of the Effectiveness of Environmental Assessment. Ottawa: Canadian Environmental Assessment Agency and International Association for Impact Assessment, 1996. 420 p.
6. Шевченко І.В. Стратегічна екологічна оцінка як інструмент екологічної політики України. Економіка України. 2016. № 10. С. 79–86.
7. Марушевський Г. Стратегічна екологічна оцінка стратегії регіонального розвитку (на прикладі Дніпропетровської області). Державне управління та місцеве самоврядування. 2014. Вип. 4. С. 51–61.
8. Чернихівська А.В. Стратегічна екологічна оцінка регіонального розвитку: нормативно-правові та організаційно-управлінські аспекти впровадження. Ефективна економіка. 2010. № 10. URL: <http://www.economy.nayka.-com.ua/?op=1&z=357>.
9. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. К., 2019. URL: <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf>.
10. Вагонова О.Г., Романюк Н.М. Експертна оцінка напрямів розвитку гірничо-збагачувальних комбінатів. Економічний вісник. 2013. № 4. С. 29–35.
11. Бакуменко Л.П. Методика апріорного ранжирования факторов качества жизни населения. Экономика, статистика и информатика. 2010. № 6. С. 142–149.
12. Екологічний паспорт Кіровоградської області за 2017 рік. 2018. 120 с. URL: <https://menr.gov.ua/news/32629.html>.
13. Стратегія розвитку Кіровоградської області на період до 2020 року. 82 с. URL: http://economika.kr-admin.gov.ua/files/strategy_2020.pdf.
14. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Кіровоградської області у 2016 році. 179 с. URL: <https://menr.gov.ua/news-/31778.html>.

Domashenko H.T., Mikhno P.B., Artamonov V.V., Rudoman Yu.A. FEATURES OF THE USE OF EXPERT ASSESSMENTS FOR STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF GENERAL PLANS FOR SETTLEMENTS

The strategic environmental assessment should discover the most optimal scenario for achievement of the highest possible level of environmental protection. Advantages of a strategic environmental assessment are to improve the quality of working out of strategies, plans and programs, discovering of new opportunities for development and prevention of losses as a result of eliminating potential environmental damage at the planning stage. The general problem of application of a strategic environmental assessment in Ukraine is the novelty of this measure, that demands the consideration of foreign experience in its realization and proper methodological

support. A problem that needs special attention is the justification and a choice of methods for performing of a strategic environmental assessment for concrete types of project documentation and strategic planning materials. The novelty of the research are recommendations on order of application of expert assessments for the decision of key tasks of a strategic environmental assessment of general plans of settlements.

Features of such application are defined. It is suggested to apply a priori ranging method to an establishment of a rating of environmental problems of the planned activity. The proposals are implemented on an example of the general plan of Zelene village, Petrovsky district of the Kirovograd region. Experts surveyed. The matrix of ranks of environmental problems is made. A priori ranks chart is developed.

The rating of environmental problems is made. The most important problems, which need to be given special attention, and the least important ones, which can be neglected at the further analysis and assessment of the environment in this settlement, are defined.

Key words: *strategic environmental assessment, priori ranging, rank, state planning document, general plan.*

УДК 528:004

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/37>**Люльчик В.О.**

ВСП «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»

Русіна Н.Г.

ВСП «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»

Петрова О.М.

ВСП «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»

ЛІДАРИ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

У статті розглянуто лідар як технологію отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища відображення світла та його розсіювання в прозорих і напівпрозорих середовищах. Здійснено комплексний аналіз технології лазерного сканування, яке ґрунтується на використанні оптично спрямованих лідарних пучків для збору інформації про об'єкт у прямих 3D-вимірах. Це дає змогу системі траскторії будувати зображення надійно і точно. Ефективність технології Lidar пояснюється її здатністю проникнення променів через рослинність для збору інформації про довкілля та глибини землі. Отримання інформації ґрунтується на принципах лазерного спектра. Лідарне знімання виконується для різних типів проєктів, залежно від поставлених завдань. Вирізнено основні напрями роботи лідарних режимів. Встановлено переваги використання безпілотних літальних апаратів: невелика висота знімання, точковість, мобільність, висока оперативність, екологічна чистота польотів. Маршрутизація та зйомка дронами забезпечують легку для розгортання платформу, яка враховує вимоги аерофотозйомки. Сьогодні є фактори, що обмежують використання безпілотних літальних апаратів – час експлуатації та розвиток державного правового регулювання. Визначено однофотонну технологію як новий технологічний прорив для аеродинамічного лазерного сканування. Для однофотонних систем потрібен лише один виявлений фотон порівняно із сотнями або навіть тисячами фотонів у звичайному лідарі. Як результат, щільність імпульсів може бути досягнута в десять-сто разів вищою порівняно зі звичайними датчиками. Системи лазерного сканування складаються з недорогих лазерних сканерів й інерційних одиниць вимірювання. Визначено базові прилади та інструменти лідарного знімання. Представлено приклади використання матеріалів лідарної зйомки в галузі землеустрою.

Ключові слова: лідар, лазерне сканування, 3D-вимірювання, режим Гейгера, наземне лазерне сканування, мобільне лазерне сканування, однофотонна технологія, зйомка безпілотними літаючими апаратами.

Постановка проблеми. З розвитком технологій безпілотні літальні апарати (далі – БПЛА) почали швидко використовувати в різноманітних сферах і в різних куточках світу. 3D-лазерне сканування, або «Lidar», є технологією безпілотних повітряних систем, яку успішно використовують для відображення та зйомки місцевості, картування і моніторингу навколишнього середовища. Це технологія, що змінила спосіб отримання й уточнення топографічних даних.

Спектр застосування системи дуже широкий – від побудови 3D-моделей, картування берегової лінії, вивчення процесів деградації земель, планування і контролю етапів сільськогосподарського виробництва, інвентаризації земель до оцінок наслідків різних впливів на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасні публікації в межах цієї предметної галузі робили наголос на різноманітних її аспектах, що підкреслювали перевагу вивчення землевпорядних об'єктів даними лідарного знімання. Наприклад, Г. Дацюк зазначила, що безпілотні літальні апарати – це важливий інструмент для мудрого і ефективного господарювання на землі. Основними замовниками спеціалізованого аерознімання стали такі: органи місцевого самоврядування – для проведення інвентаризації земель із метою наповнення бюджету, розроблення містобудівної документації для залучення інвесторів, врегулювання спірних питань, проєктування та планування території; новостворені ОТГ – для розуміння та ефективного управління своєю територією; різні установи

та організації – для отримання якісного картографічного матеріалу, який можна використовувати для землевпорядних, геодезичних і вимірювальних цілей; аграрні підприємства – як ефективний інструмент для управління бізнесом [1, с. 27].

С. Костріков і О. Чуєв у своєму дослідженні «Аналіз дворівневих урбогеосистем через засоби ГІС» презентували авторське спеціалізоване програмне забезпечення щодо аналізу інтернальних урбогеосистем на підставі LiDAR-технології дистанційного зондування. Науковці зазначають, що наявний ринковий попит на відповідний програмний продукт і виклики, що цей попит супроводжують, зумовлюються: великою кількістю швидко зростаючих населених пунктів, що функціонують як усе більш і більш ускладнені урбогеосистеми; необхідністю отримання високоточних цифрових моделей місцевості щодо менеджменту територій міст; потребою в автоматизованих засобах огляду, аналізу та візуалізації повної інфраструктури міста, і особливо – необхідністю отримання кількісних та якісних характеристик, наприклад, архітектурних змін у морфології міста, що відбулися за певний проміжок часу [2; 3].

Питання вибору оптимальних в інформаційному та вартісному сенсах моделей і методів аналізу даних у системах автономної навігації за умов апіорної невизначеності, ресурсних та інформаційних обмежень є не досить дослідженим і повною мірою досі не вирішеним, як зазначили В. Москаленко, А. Москаленко та А. Коробов. Дослідники запропонували модель автономної системи навігації малогабаритного БЛА, складовими частинами якої є згортковий екстрактор ознак, модель 4-х шарової згорткової мережі, яка приймає на вхід ряд послідовних кадрів, що інтерпретуються як канали одного зображення і скануються різномасштабними фільтрами, та метод навчання згорткових фільтрів без учителя на основі розріджено кодуємого нейронного газу, що дає змогу здійснювати навчання в процесі прямого поширення сигналу без використання методу зворотного поширення помилки [4].

Відповідно, програмне забезпечення ГІС має підтримувати імпорт, обробку та експорт даних у таких базових ГІС-форматах: векторних і растрових числових форматах (звичайні векторні дані, растрові «ґриди» та зображення, різноформатні 3D-моделі, TIN-моделі і т.д), форматах провідних розробників ПЗ ГІС (ESRI, MapInfo, ERDAS, Google Earth). У свою чергу, програмне забезпечення UrbanGeoTM побудовано на основі єдиної технологічної платформи, яка дає можливість

ефективно обробляти і відображати величезні набори даних високої роздільної здатності – зокрема LiDAR – дані, у форматі LAS. Останні можуть включати до мільярдів точок в єдиному файлі. Враховуючи це, ця геоінформаційна технологія матиме майже необмежені можливості з інтеграції даних і подальшої 2D/3D візуалізації різноформатної похідної інформації [5].

Постановка завдання. За мету в роботі було поставлено завдання дослідити використання застосування безпілотних систем під час вирішення завдань землеустрою та проаналізувати закордонний досвід використання даних лідарного знімання в галузі землеустрою.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відомо, що LiDAR (Light Induced, Detection and Ranging – англ.) – це технологія отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища відображення світла та його розсіювання в прозорих і напівпрозорих середовищах [5]. Така технологія з'явилася ще в 60-ті рр. минулого сторіччя, однак ефективно через ДДЗ та через програмне забезпечення ГІС використовується лише в останнє десятиріччя. LiDAR взагалі є як мінімум активним далекоміром оптичного діапазону. Тобто це активна сенсорна система, яка посилає дружній людському оку промінь із частотою випромінювання в межах інтервалу від 10 до 70 тис. сигналів у секунду, звичайно за синусоїдою, у напрямку, перпендикулярному до руху носія скануючого пристрою. Скануючі лайдар-засоби в системах машинного зору формують двовимірну або тривимірну картину навколишнього простору, що вдало коригується з можливостями ГІС-платформ надавати тривимірну візуалізацію у вигляді так званої 3D-Сцени [6].

Лазерне сканування ґрунтується на використанні оптично спрямованих лідарних пучків для збору інформації про об'єкт у прямих 3D-вимірах. Це дає змогу системі траєкторії будувати зображення надійно і точно. До середини 90-х рр. минулого століття технологія GNSS-IMU не була доступною для комерційного використання. Розвиток волоконно-оптичних гіроскопів (FOG), мікроелектромеханічних систем (MEMS) та створення загальнонаціональних мереж базових станцій GNSS сприяло успіху Lidar в геодезії та землеустрої.

Ефективність технології Lidar пояснюється її здатністю 3D-вимірювання та проникнення променів через рослинність для збору інформації про довкілля та глибини землі. Отримання інформації

ґрунтується на принципах лазерного спектра. Традиційний спосіб отримання даних – це подання лазерного імпульсу до об’єкта і збір сигналу зворотного розсіювання. Обробка сигналу передбачає виявлення об’єкта на основі різних діапазонів променя світла з використанням вибору спектральних довжин хвиль для передачі збору даних.

Лідарне знімання виконується для різних типів проєктів залежно від поставлених завдань. Наприклад, для картографування та цивільного будівництва використовують зйомки максимальної деталізації, дані якої отримують із низьких висот (50–300 м) на міліметровому рівні (наприклад, RIEGL VUX-240 або Optech ORION C300-1). Щільність даних цього рівня становить десятки або сотні точок на квадратний метр. Для дорожнього та міського планування часто застосовують сканування середньої висоти (400–1000 м), а щільність даних зазвичай становить близько двох десятків точок на квадратний метр. Картографічні польоти дрібних масштабів проводять на висоті 2000 м і вище. Щільність даних менше десяти точок на квадратний метр, як правило, 1–2. Сучасними приладами цього напрямку застосування на ринку є Leica Terrain Mapper, Optech ALTM Pegasus і RIEGL VQ-1560i [7; 8].

Зазначимо, що найбільш точний сигнал записується за допомогою повного сигналу Lidar. Політ

у режимі Гейгера та однофотонної технології відтворюють ряд дискретної матриці. Збільшення кута сканування впливає на сигнал відповідно до змінюваного напрямку світла через завіс (рис. 1).

У теперішніх умовах аерофотознімання виявилось нерентабельним і малоефективним у зв’язку з великими матеріальними затратами на утримання та експлуатацію літального апарата та всього знімального комплексу, собівартість застосування літаків і гелікоптерів у десятки разів більша. Враховуючи те, що оновлення даних про той чи інший об’єкт є досить затратним, альтернативою класичному аерофотозніманню з літаків є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), яке нині широко застосовують в Україні та світі [9–11].

Крім високої економічної ефективності (здешевлення в десятки разів), БПЛА мають додаткові переваги порівняно з традиційним аеро- та космічним зніманням [12]:

- невелика висота знімання – можливо виконувати знімання на висотах від 10 до 200 метрів для отримання надвисокого розрізнення (одиниці й десятки сантиметра) на місцевості;

- точковість – можливість детального знімання невеликих об’єктів і малих ділянок там, де це цілком нерентабельно або технічно неможливо зробити іншими способами, наприклад в умовах міської забудови;

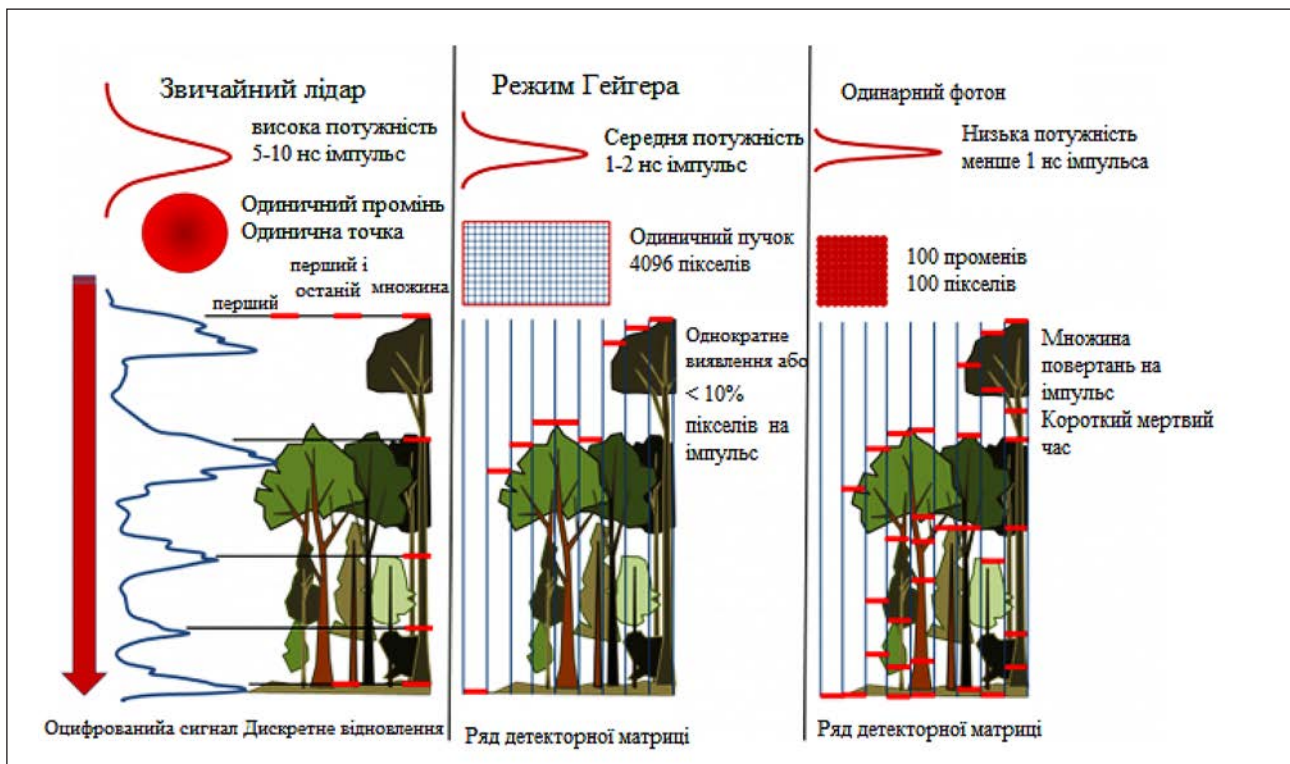


Рис. 1. Напрями роботи лідарних режимів [7]

– мобільність – не потрібні аеродроми або спеціально підготовлені злітні майданчики, БПЛА легко транспортуються легковими автомобілями (або переносяться вручну), відсутня складна процедура дозволів і узгодження польотів;

– висока оперативність – увесь цикл, від виїзду на знімання до одержання результатів, займає кілька годин;

– екологічна чистота польотів – використовуються малопотужні бензинові або безшумні електричні двигуни, забезпечується практично нульове навантаження на навколишнє середовище.

Маршрутизація та зйомка дронами забезпечують легку для розгортання платформу, яка враховує вимоги аерофотозйомки. Нині є фактори, що обмежують використання безпілотних літальних апаратів – час експлуатації та розвиток державного правового регулювання. Зазначимо, що зйомка території безпілотниками використовується для потреб у різних інженерних проєктах, містобудівних і наукових завданнях. Сьогодні для додатків UAS-Lidar розроблені різні типи невеликих датчиків, які залежать від розміру безпілотника, наприклад: RIEGL MiniVUX-1UAVi Velodyne Buck LITE – у звичайній категорії, а Septon SORA200 – у «твердотілій» розробці [7].

Малі, але високопродуктивні датчики та дані у реальному часі є найбільш актуальними потребами для безпілотних літальних апаратів. Сучасні системи не потребують наявності GNSS-IMU, а дані обробляються до локальної системи координат. Зазначимо, що все менші та більш спроможні GNSS-IMU, такі як NovAtel CPT7 або SBG Ellipse2-D, стають доступніші у використанні зі зниженням цін, прямого геопосилання та легкості наземного управління [7; 13].

Лазерне сканування без GNSS швидко розвивається. Системи складаються з недорогих лазерних сканерів й інерційних одиниць вимірювання. Дані Lidar використовуються, а в деяких випадках доповнюються візуальною одометрією від камер для компенсації миттєвих рухів датчиків, калібрування низькопродуктивних IMU і відстеження позиції датчика та / або платформи. Ці рішення для відображення забезпечують 3D-дані в режимі реального часу або в режимі реального часу для завдань із помірними потребами точності. Така розробка була можливою завдяки мініатюризації датчиків і SLAM, одометрії і картографії LIDAR (LOAM) і відповідних алгоритмів. Багатошарове сканування виявило достатню інформацію для оцінки руху платформи від одного сканування.

Такими прикладами є системи Gexcel HERON, GeoSLAM Zeb Horizon і Kaarta Stencil, основою яких є сканер Lydar Puck компанії Velodyne. Зазначимо, що багато компаній планують вивести подібні сенсорні продукти на ринок, серед яких є пристрої від RoboSense і Ouster [7; 14].

Зазначимо, що однофотонна технологія є новим технологічним проривом для аеродинамічного лазерного сканування. Для однофотонних систем потрібен лише один виявлений фотон порівняно із сотнями або навіть тисячами фотонів у звичайному лідарі. Як результат, щільність імпульсів може бути досягнута в десять-сто разів вищою порівняно зі звичайними датчиками. Сучасні однофотонні датчики – Leica SPL100 і Harris Geiger-mode Lidar. Операційні відмінності показані на рисунку 1 у порівнянні зі звичайними. Обидві доступні однофотонні системи базуються на використанні зеленого світла (532nm), що робить їх придатними для використання і батиметричного відображення [7].

Підкреслимо, що зміни в обчислювальних хмарах і спектральні дані значно збільшують обсяги виробництва. Збільшена частота вимірювання та щільність хмари точок забезпечує ефективну та високого рівня деталізацію зображення. Поява державних кампаній із лазерного сканування в таких країнах, як Нідерланди, Швеція та Фінляндія, підкреслює необхідність автоматизованих методів обробки.

У більш обмеженому масштабі багатовимірні хмари точок застосовують для виявлення змін – як у міських районах, так і в природному довкіллі – для управління земельними ресурсами та боротьби з небезпеками, ефективно показуючи потенціал багатовимірних 3D-даних. Періодична повторюваність сканування територій на загальнодержавному рівні дасть змогу виявити різний спектр проблем і геометричні зміни в довкіллі.

Крім того, у міських умовах автоматизована генерація простих будівельних моделей стала типовим підходом для 3D-моделювання міста. Введено кілька алгоритмів детального моделювання будівлі, що потенційно підвищує рівень деталізації в автоматизованому моделюванні. Подібним чином були введені алгоритми для моделювання об'єктів дорожнього середовища з густих мобільних ділянок точок лазерного сканування. У природному середовищі та лісовому господарстві набори даних хмари точок застосовуються як для отримання інформації про хід процесів на великих територіях (наприклад, для гідравлічного моделювання

та аналізу повеней, так і для вивчення процесів вічної мерзлоти), а також детальне моделювання окремих дерев для оцінки лісових ресурсів і біомаси.

Висновки. Сучасні топографічні бази даних зазвичай базуються на аерофотознімках і підтримуються національними картографічними агентствами із значним обсягом ручної праці. Розробки в галузі лазерного сканування й обробки хмари точок могли б забезпечити значну економію коштів за допомогою автоматизації процесів картографування з поліпшеною продуктивністю та якістю даних.

Мультимодальні дані Lidar усе більше будуть використовуватися в майбутньому завдяки розробленню та доступності високотехнологічних датчиків. Більш невеликі системи з подібними або поліпшеними характеристиками забезпечуватимуть застосування практично будь-якої платформи для керування Lidar для відображення та

зйомки. Літаки, безпілотні літальні апарати, транспортні засоби та портативні системи картографування слугують засобом збирання додаткових даних практично для будь-якого уявного завдання.

Нові однофотонні технології мають найбільший потенціал як сенсорне рішення для забезпечення щільних точкових хмар із низькими витратами на придбання даних на рівні держави. Мультимодальне лазерне сканування забезпечує більш детальними даними досліджених об'єктів.

Щільні хмари точок із мультиспектральною інформацією забезпечують дані для автоматизованого моделювання робочих процесів і додатків прямої візуалізації, формуючи майбутні топографічні бази даних, що є важливим інструментом підвищення ефективності управління земельними ресурсами та інфраструктурою міських територій, а також стануть основою для проведення майбутніх досліджень.

Список літератури:

1. Дацюк Г. Безпілотні літальні апарати – це важливий інструмент для мудрого і ефективного господарювання на землі. *Землевпорядний вісник*. 2019. № 9. С. 26–34.
2. Костріков С. Аналіз дворівневих урбогеосистем через засоби ГІС. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія : Геологія. Географія. Екологія*. 2016. Вип. 44. С. 98–109.
3. Дрон – що це таке, та навіщо він потрібен у сільському господарстві URL: <https://www.agro.dn.gov.ua/dron-shho-tse-take-ta-navishho-vin-potriben-u-silskomu-gospodarstv> (дата звернення: 03.10.2019).
4. Москаленко В., Москаленко А., Коробов А. Моделі і методи інтелектуальної інформаційної технології автономної навігації для малогабаритних безпілотних апаратів *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2018. № 3. С. 68–77.
5. Костріков С., Кулаков Д., Сегіда К. Програмне забезпечення ГІС для LiDAR-технології дистанційного зондування в цілях аналізу урбогеосистем. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2014. Вип. 19. С. 45–52.
6. Костріков С. Геоінформаційне моделювання природно-антропогенного довкілля : монографія. Харків : Вид-во ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2014. 484 с.
7. Kukko A., Kaartinen H., Nyypä J. Technologies for the Future: A Lidar Overview. URL: <https://www.gim-international.com/content/article/technologies-for-the-future-a-lidar-overview-2> (дата звернення: 03.10.2019).
8. Road Resurfacing with Drones URL: <https://www.gim-international.com/content/article/road-resurfacing-with-drones?output=pdf> (дата звернення: 03.10.2019).
9. Лозинський В. Аналіз сучасних методів отримання даних для визначення об'ємів відходів та донних відкладів. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2015. Вип. 2. С. 87–97.
10. Антонов А. Сканирующие лазерные дальномеры (LIDAR) *Современная электроника*. 2016. № 1. С. 10–16.
11. Пасічник В., Савчук В., Єгорова О. Мобільні інформаційні технології навігації користувача в приміщеннях. URL: http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/36334/1/30_236-240.pdf.
12. Глотов В., Гуніна А. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. Вип. II (28). С. 65–70.
13. Використання системи LIDAR з метою охорони природи у національних парках світу. URL: <http://www.50northspatial.org/ua/using-lidar-system-nature-protection-national-parks-world>.
14. Сканирующие лазерные дальномеры (LIDAR). URL: <http://blog.myelectronics.com.ua/сканирующие-лазерные-дальномеры-lidar>.

**Liulchyk V.O., Rusina N.G., Petrova O.M. LIDARS: MODERN TECHNOLOGY
IN THE SPHERE OF GEODESY AND LAND MANAGEMENT**

The article considers the lidar as a technology for obtaining and processing information about remote objects by means of active optical systems using light reflection phenomenon and its scattering in transparent and translucent environments. The complex analysis of laser scanning technology, based on the optical lidar beam directed to collect object information in direct 3D measurements. This allows the trajectory system to build the image reliably and accurately. The effectiveness of Lidar technology due to its ability to penetrate rays through vegetation to gather information about the environment and depth of the earth. Getting information is based on the principles of the laser spectrum. Lidar removal is performed for different projects, depending on the tasks. The main directions of operation of the lidar regimes are defined. The advantages of using unmanned aerial vehicles (drones) are established: low shooting height, accuracy, mobility, high efficiency, environmental friendly flights. Drone routing and shooting provide an easy-to-deploy platform that takes into account aerial photography requirements. Nowadays, there are factors limiting the use of drones: operating time and the development of state legal regulation. Single-photon technology is identified as a new technological breakthrough for aerodynamic laser scanning. Single-photon systems require only one detected photon, compared to hundreds or even thousands of photons in a conventional lidar. As a result, the pulse density can be achieved in ten or a hundred times higher than conventional sensors. Laser scanning systems consist of inexpensive laser scanners and inertial measurement units. Basic instruments and tools for lidar shooting have been identified. Examples of materials lidar surveys in the field of land management are presented.

Key words: *lidar, laser scanning, 3D-measurements, Geiger mode, ground laser scanning, mobile laser scanning, single-photon technology, unmanned aerial vehicle shooting.*

УДК 528.48
DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/38>

Олесків Р.Є.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Гера О.В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

СУЧАСНІ ГЕОДЕЗИЧНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Наведені дослідження стосуються розгляду можливостей застосування сучасних геодезичних методів для спостереження за станом об'єктів нафтогазової промисловості. Подано коротку характеристику та склад системи магістральних нафтопроводів, а також газотранспортної системи України. Обґрунтовано стратегічну важливість питання безперебійного та безпечного їхнього функціонування для забезпечення добробуту населення та позитивного міжнародного іміджу держави.

Розглянуто способи моніторингу технічного стану трубопровідних систем, основна увага зосереджена на методах геодезичного контролю. Проведено аналіз вітчизняних і зарубіжних публікацій, який свідчить про хороші перспективи застосування наземного лазерного сканування як альтернативи класичних геодезичних методів.

У статті обґрунтовано можливість використання 3D-сканування для знімання надземних частин трубопроводів, повітряних переходів із метою аналізу їхнього актуального стану, моніторингу за деформаціями, контролю за якістю виконаних монтажних чи ремонтних робіт.

Візуалізовано 3D-модель частини нафтопроводу «Дружба», отриману у результаті сканування ділянки нафтопроводу (Львівська область) із застосуванням лазерного сканера LeicaScanStation C10. Для порівняння технічних можливостей методів створено 3D-модель площинного об'єкта – газорозподільної станції, побудовану на основі даних інженерно-геодезичних вишукувань із використанням тахеометра Sokkia SET630RK. Визначено переваги та недоліки лазерного сканування порівняно з іншими геодезичними методами. За результатами досліджень підбито підсумки щодо доцільності активного впровадження наземного лазерного сканування для спостережень за станом і діагностики різних об'єктів нафтогазової промисловості.

Ключові слова: магістральний нафтопровід, газотранспортна система, геодезичний контроль, інженерно-геодезичні роботи, наземне лазерне сканування, 3D-модель трубопроводу, контроль за деформаціями.

Постановка проблеми. Нафтогазова галузь України разом з іншими галузями забезпечує пошук, розвідку та розроблення родовищ нафти і газу, транспортування, переробку, зберігання і реалізацію нафти, газу та продуктів їхньої переробки. Зважаючи на географічне розташування держави, Україна має потужні системи транспортування вуглеводнів.

Оператором системи магістральних нафтопроводів України є АТ «Укртранснафта», другий за величиною у Європі. Засновником і єдиним акціонером компанії є НАК «Нафтогаз України». Схема магістральних нафтопроводів та основні технічні характеристики представлено на рис. 1.

Система магістральних нафтопроводів (МН) України включає 19 нафтопроводів, морський нафтовий термінал «Південний», 28 газоперекачувальних станцій (НПС) і низку технологічного оснащення.

Основна характеристика ГТС України	
ЗАГАЛЬНА ДОВЖИНА ГАЗОПРОВІДІВ	37 600,177 км
КОМПРЕСОРНІ СТАНЦІЇ (КС)	73 шт.
КОМПРЕСОРНІ ЦЕХИ	111 шт.
ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНІ АГРЕГАТИ	705 шт.
ПОТУЖНІСТЬ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ	5 496 МВт
ГАЗОРОЗПОДІЛЬНІ СТАНЦІЇ (ГРС)	1 473

ГТС України виконує дві основні функції: забезпечення природним газом внутрішніх споживачів, а також транзит природного газу через територію України до країн Західної та Центральної Європи. До складу газотранспортної системи входять: магістральні газопроводи і розпо-

Основний опис системи МН України	
19 НАФТО-ПРОВОДІВ	діаметром до 1220 мм включно; загальною довжиною 3506,6 км
ХАРАКТЕРИСТИКИ	потужність системи на вході – 114 млн т/рік, на виході – 56,3 млн т/рік; заг. номінальна ємність резервуарних парків системи МН 1083 тис. м ³
ТЕРМІНАЛ І НПС	морський нафтовий термінал «Південний», 28 нафтоперекачувальних станцій (НПС), 18 з яких діючих, а 10 – переведені в режим утримання в безпечному стані
ОБЛАДНАННЯ	резервуарні парки, системи електропостачання, захисту від корозії, телемеханіки, технологічного зв'язку, протипожежні та протиерозійні споруди

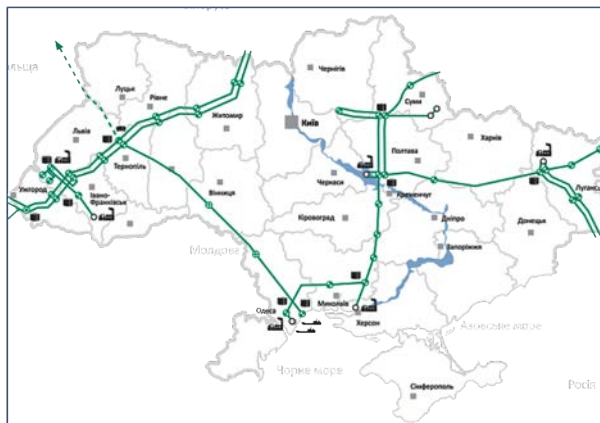


Рис. 1. Система магістральних нафтопроводів України



Рис. 2. Газотранспортна система України

дільні газопроводи – перемички, відводи, підводи, компресорні станції [2, с. 32] (рис. 2).

Виробнича інфраструктура сучасного підприємства характеризується великою кількістю об'єктів, розташованих як над поверхнею землі, так і під нею. Наявність точної інформації про

ці об'єкти і, перш за все, про їхнє просторове положення є найважливішим завданням побудови інформаційної системи такого підприємства. Потужна система мереж трубопроводів, яка прокладена територією України, потребує якісного контролю технічного стану.

Середній термін експлуатації окремих елементів облаштування ГТС та МН України за приблизних розрахунків становить близько 20 років. Сплив термін амортизації близько 29% українських газопроводів [6, с. 12]. Частина такого технологічного облаштування потребує ретельного аналізу безпечної експлуатації системи транспортування вуглеводнів. Сучасний рівень технологій збору та опрацювання геопросторових даних надає можливість вирішити згадані завдання.

Найбільш ефективним серед сучасних методів спостережень для одержання точної просторової інформації в короткий термін часу є лазерне сканування. Зараз лазерні сканери забезпечують дуже високу потужність, точність і швидкість зйомки. Вони реалізовані у різних варіантах (стаціонарному або мобільному), тому є досить багато методик їх практичного застосування для побудови моделей надземної тривимірної інфраструктури. Сучасні засоби GNSS (глобальні супутникові навігаційні системи) та інерціальна навігація, що також використовуються під час знімань, інтегрують цю інформацію в єдиний просторовий базис і виконують точну просторову прив'язку до обраної системи координат.

Сучасне програмне забезпечення камерального опрацювання результатів лазерного сканування дає змогу будувати високоякісні тривимірні моделі об'єктів для візуалізації результатів спостережень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика кількість наукових робіт і публікацій присвячено темі лазерного сканування. Здебільшого дослідження стосуються застосування результатів лазерного сканування для виконання вимірювань лінійних об'єктів, передусім автомобільних доріг, знімання маршрутів міст і населених пунктів, залізничних шляхів [3, с. 325]. Також визначено загальні принципи та методи мобільного лазерного сканування для транспортної галузі [4, с. 121] та проведено аналіз технологічних можливостей сучасних наземних лазерних сканерів [5, с. 170]. Розглянуто тему застосування методів дистанційного контролю для моніторингу магістральних нафтопроводів і газопроводів [7, с. 475], де проаналізовано методи та системи для дистанційного виявлення витоків вуглеводнів із наземних і підземних газо- та нафтопроводів.

Серед зарубіжних видань найбільш наближена до нашої тема, розглянута в статті про дослідження 3D-реконструкції нафтохімічного трубопроводу підприємства та його виявлення зіткнень на основі технології 3D-сканування [8, с. 354]. Варто звернути увагу на застосування можливостей лазерного сканування в комплексі робіт за обстеженням об'єктів нафтогазового комплексу, оскільки цей метод має суттєві переваги для якісного контролю у різних сферах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Геодезичні роботи за наземного лазерного сканування полягають у відтворенні поверхні об'єктів у вигляді масиву точок. Одержані точки містять координати x , y , z , параметри відображення кольору RGB та інтенсивність відбиття лазерного променя. Пристрої, за допомогою яких здійснюється сканування, називають 3D-сканерами. За принципом дії лазерний 3D-сканер схожий з електронним тахеометром. Лазерний сканер оснащений високошвидкісним безвідбивачем, лазерним далекоміром і системою зміни напрямку променя лазера – спеціальним поворотним дзеркалом. Задавши ділянку сканування (так званий сектор повороту дзеркала) і крок сканування в кожному напрямку, можна отримати детальну зйомку об'єкта. Об'єктом обстеження лазерним сканером є частина нафтопроводу «Дружба», що проходить територією Львівської області. Територія, котра підлягала безпосереднім геодезичним зніманням, являла собою відкриті площинні майданчики, покриті рослинним шаром. На майданчиках присутні виходи підземних комунікацій у вигляді

металевих труб діаметрами від 200 мм до 400 мм. Застосовано лазерний сканер LeicaScanStation C10, який має необхідні технічні характеристики, що дають змогу користувачеві зменшити час польових робіт, збільшити продуктивність і розширити коло виконуваних завдань. Простота освоєння полягає в керуванні через спеціальну сенсорну панель. Інтерфейс керуючої програми також дуже нагадує роботу з тахеометром. Для більш комфортної роботи зі сканером можна скористатися ноутбуком. Технічні характеристики наведено на рис. 3.

Польові та камеральні роботи зі сканування виконувалися в такій послідовності:

- аналіз території, де має проводитись сканування;
- розмічувальні роботи з урахуванням перекриття хмар точок;
- встановлення обладнання на місцевості на розмічених місцях, вимірювання координат станцій;
- сканування об'єкта з усіх станцій;
- завантаження даних проекту сканування у спеціалізоване програмне забезпечення;
- зшивання хмар точок, отриманих із різних станцій;
- врівноваження хмар точок із метою досягнення мінімальної похибки вимірювань;
- експорт до файлового розширення, котре можливо імпортувати в інші програмні продукти САПР.

Оскільки ці сканування, що були отримані з різних станцій, є частинами однієї території, тому постає завдання поєднання їх в одну цілісну



Технічні характеристики

Загальні:	
Тип інструмента:	Компактний, імпульсний, високошвидкісний лазерний сканер, з дровісним компенсатором, великим діапазоном вимірювання відстаней, повним полем зору, вбудованою відеокамерою і лазерним центриром
Інтерфейс:	Автономний дисплей, ноутбук або Tablet PC
Двигун:	Серво-привід
Накопичувач даних:	Вбудований жорсткий диск на 80 ГБ, зовнішній ПК, USB-накопичувачі
Фотокамера:	Вбудована відеокамера високої розподільної здатності зі збільшенням
Лазерна скануюча система:	
Тип:	Імпульсний, запатентований мікро-чп
Швидкість сканування:	До 50,000 точок / сек
Діапазон вимірювання відстаней:	до 300 м при 90% альbedo; 134 м при 18%. Мінімальна дальність 0.1 м
Поле зору (гор / верт):	360/270 °
Розмір лазерного плями:	Від 0 до 50 м: 4,5 мм (за методом FWHM), 7 мм (за методом Гауса)
Клас лазера:	3R
Розміри і вага:	
Розміри сканера:	238 мм x 358 мм x 395 мм
Вага сканера:	13 кг
Розміри акумулятора:	40 мм x 72 мм x 77 мм
Вага акумулятора:	0.4 кг
Вага блоку живлення:	0.9 кг

Рис. 3. Стационарний лазерний сканер LeicaScanStation C10

модель (рис. 4). Цей процес називають врівноваженням хмари точок, і він відбувається автоматично. Хмару точок, котра була отримана у процесі сканування частини трубопроводів нафтопроводу, було врівноважено з похибкою 4 мм.

Після всіх цих операцій хмару точок експортовано до файлового формату, котрий можна імпортувати до інших програмних продуктів САПР. Результати такого виду робіт дають можливість використовувати їх для створення BIM-моделі з використанням ПЗ AutoDeskReCap. Такі спостереження можна застосовувати на об'єктах як нафто-, так і газопромислів. Іноді для отримання просторових характеристик наземних трубопроводів, які розташовані на значній за площею та протяжністю території (фасадів споруд, проїздів, під'їздів тощо), зручно використовувати мобільні лазерні сканери.

Є інший варіант одержання просторового зображення технологічного оснащення нафтогазових об'єктів чи мереж трубопроводів, що базуються на результатах безпосередньо інженерно-геодезичних вишукувань. У разі застосування результатів детальної геодезичної зйомки заданого об'єкта та використання відповідного програмного забезпечення є можливість створення 3D-моделі об'єкта. Такий підхід вимагає значно більших затрат часу

на виконання спостережень, ніж лазерне сканування, проте теж заслуговує на увагу. Таку методику варто застосовувати на окремих об'єктах галузі, де монтовано багато різного технологічного устаткування. Після отримання візуальної моделі об'єкта з'являється можливість віддалено модернізувати його, вирішувати питання про заміну, монтаж чи демонтаж оснащення.

Газорозподільні станції (далі – ГРС) газотранспортної системи за специфікою роботи оснащені великою кількістю обладнання. Проведено детальне обстеження такого об'єкта інженерно-геодезичними вишукуваннями тахеометром Sokkia SET630RK, оброблено результати спостережень і створено візуальну модель ГРС за допомогою ПЗ AutoCADi Surfer. Візуальна модель є більш інформативною, ніж план ГРС, оскільки містить просторові дані розміщення кожного елемента зокрема. Результат проведеної роботи зображено на рис. 5.

Висновки. На об'єктах нафтогазового комплексу гостро постало питання контролю безпечної експлуатації систем трубопроводів і технологічного обладнання. Проаналізовано застосування найбільш поширених сучасних методів геодезичних спостережень, які мають перспективи використання на такого роду

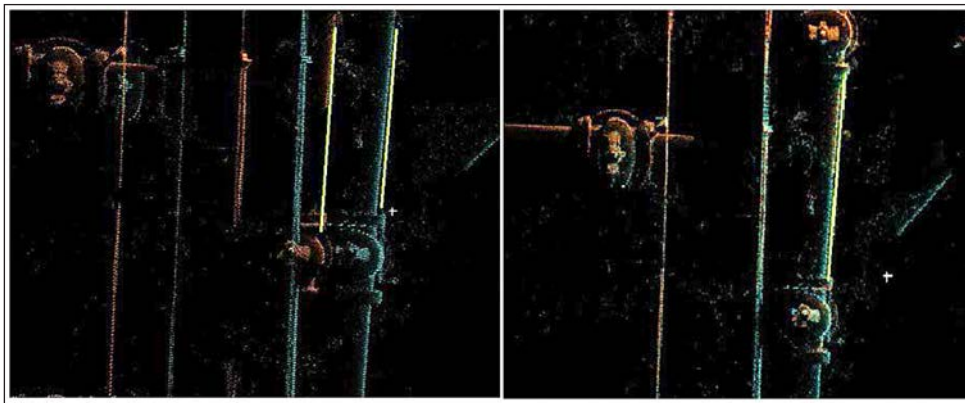


Рис. 4. Поєднання хмар точок в єдину модель по поверхні трубопроводу

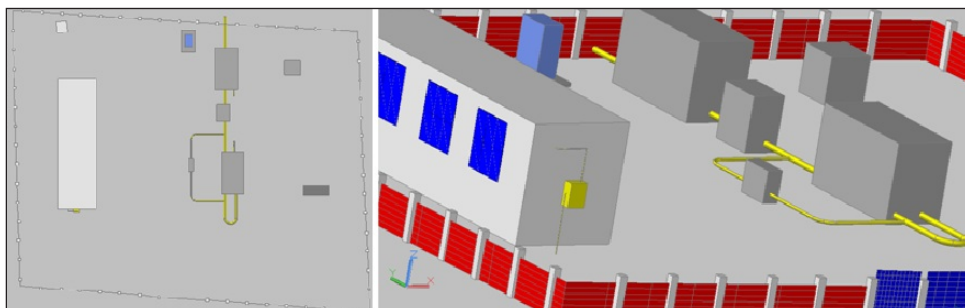


Рис. 5. План та створена 3D-модель ГРС

об'єктах. Є низка факторів, що впливають на вибір методик: насамперед – економічний складник, терміни проведення та результативність одержаних даних. Варто зазначити, що лазерне сканування має низку переваг, оскільки за короткий час показує високу ефективність. Проте, використовуючи більш традиційні інженерно-геодезичні вишукування, теж можна одержати візуалізацію нафтогазового об'єкта.

Результати наведених методик демонструють нові можливості моніторингу трубопроводів і

можуть використовуватись підприємствами для паспортизації об'єктів галузі. Слід зазначити, що методи використання геодезичних вимірів базуються на високоточних даних, що визначається нормативами на стратегічно важливих об'єктах. Застосування методів неруйнівного контролю, до яких саме належать висвітлені методики, має низку переваг [9, с. 377]. Насамперед це можливість не зупиняти роботу нафтогазових підприємств, а проводити геодезичні вимірювання незалежно від технологічного процесу.

Список літератури:

1. ПАТ «Укртрансгаз». Характеристика газотранспортної системи України. Work 1 nap – on-UGS, Ukrtransgas. URL: <http://utg.ua/utg/gts/description>.
2. Осінчук З. Газотранспортна мережа України у системі газопостачання Європи. *Нафтова і газова промисловість*. 2005. № 2. С. 32–36.
3. Бабій В. Особливості застосування мобільного лазерного сканування для високоточного знімання автошляхів. Актуальні проблеми та інновації : мат-ли Міжнар. наук.-практ. конф. ЕКОГЕОФОРУМ 2017, м. Івано-Франківськ, 22–25 березня 2017 р. С. 325–327. URL: <http://er.nau.edu.ua:8080/handle/NAU/25924>.
4. Системи мобільного лазерного сканування в геоінформаційних технологіях / К. Мамонов, К. Вяткін, С. Нестеренко // *Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектури*. 2016. Вип. 132. С. 121–126. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2016_132_22.
5. Аналіз технологічних можливостей сучасних наземних лазерних сканерів / І. Тревого, А. Баландюк, А. Григораш // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2010. Вип. I (19). С. 170–176.
6. Дячук М., Олесків Р. Геодезичний моніторинг магістральних газопроводів на території України. *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції для творчої молоді «Перспектива-2019»*, м. Маріуполь.
7. Застосування методів дистанційного контролю для моніторингу магістральних нафтопроводів і газопроводів / Чибіряков В., Староверов В., Нікітенко К. // *Інженерна геодезія*. 2007. Вип. 63. С. 475–479.
8. Chunmei H., Qiusheng Z., Wentaoand Y., Jingtang Z. Researchon 3D Reconstruction of Petrochemical Enterprise Pipeline and Its Collision Detection Based on 3D-Scanning Technology. *International Forumon Computer Science-Technology and Applications*, Chongqing, 2009. P. 354–357. DOI: 10.1109/IFCSTA.2009.92.
9. Перович Л., Дутчин М. Геодезичний моніторинг деформацій інженерних споруд і технологічного устаткування газокompресорних станцій/ *Budownictwo i inzynieria Srodowiska. Zeszyty naukowe politechniki Rzeszowskiej*. Т. II. Rzeezow, 1998. S. 377–380.
10. Нікітенко К. Сучасні методи моніторингу технічного стану газопровідних систем. *Містобудування та територіальне планування* : наук.-техн. зб. Київ : КНУБА, 2018. Вип. 67. С. 321–333.

Oleskiv R.E., Gera O.V. MODERN SURVEYING METHODS FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF THE ABOVEGROUND GAS AND OIL INDUSTRY OBJECTS

The article deals with consideration of opportunities offered by modern surveying techniques for monitoring the technical condition of the above-ground gas and oil industry objects. The brief description and configuration of the trunk oil pipeline system, as well as the gas transmission system of Ukraine are presented. The strategic importance of the issue of their uninterrupted and safe functioning for the well-being of the population and positive international image of the state is substantiated.

The methods of monitoring the technical condition of pipeline systems are considered, although the focus is on the methods of surveying control. The analysis of domestic and foreign publications is carried out, which indicates good prospects of terrestrial laser scanning as an alternative to classical surveying methods.

The article substantiates the possibility of using 3D scanning to capture the aboveground parts of pipelines, air crossings in order to analyze their current condition, to monitor deformations, to control the quality of the performed installation or repairing works.

The 3D model of the Druzhba oil pipeline part (Lviv region), obtained as a result of the oil pipeline section scanning using Leica ScanStation C10 laser scanner, is visualized. To compare the technical capabilities of the methods, we created a 3D model of a plane object – a gas distribution station, based on the engineering and surveying data using a Sokkia SET630RK total station. The advantages and disadvantages of laser scanning in comparison with other surveying methods are determined. The results of the research summarize the feasibility of actively implementing terrestrial laser scanning for monitoring and diagnostics of various objects of the oil and gas industry.

Key words: trunk oil pipeline, gas transportation system, geodetic control, surveying, terrestrial laser scanning, 3D pipeline model, deformation control.

ЕЛЕКТРОНІКА

УДК 004.3

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.6-2/39>

Шапарець М.С.

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

Трапезон О.Г.

Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка Національної академії наук України

Трапезон К.О.

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

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

Визначено особливості та основні етапи зі створення системи радіочастотної ідентифікації на основі програмних засобів інтерфейсу Arduino. Зазначено, що створення системи радіочастотної ідентифікації на основі апаратно-програмних засобів Arduino через просту налаштування доцільно реалізувати на базі трьох основних етапів – написання коду з підтримкою в середовищі Arduino IDE, макетування схеми та прошивка створеного макету. При цьому коректність роботи системи повинна відповідати тим технічним обмеженням, які властиві аналогічним системам ідентифікації. Показано через проведення практичного експерименту, що створена модель системи має свої технічні особливості з налаштування, які характеризуються щонайменше проведенням алгоритму програмування складових системи, ініціалізації та аутентифікації об'єкту на основі спеціальних міток доступу. В рамках проведеного дослідження побудовано макет пристрою, який може бути долучений під час організації комплексу охорони приміщення, адже проведене тестування радіомаркерів та карток RFID може бути у подальшому адаптовано у формі однієї з ланок процедури проходження доступу з аутентифікацією в приміщення, яке охороняється. Визначено, що модуль ідентифікації в різних режимах функціонування може мати свої технічні обмеження, які визначаються обмеженням радіусом дії, формою зчитувача та конструкцією радіочастотної мітки. Водночас отримані обмеження побудованої системи можуть слугувати у подальших дослідженнях поштовхом до модернізації вже наявних систем радіочастотної ідентифікації. Зокрема, це може стосуватись питання усунення електромагнітних завад під час роботи транспондера та зчитувача системи радіочастотної ідентифікації на визначеній робочій частоті не лише через вибір з подальшим перемиканням робочого каналу зв'язку. Знайдено, що окремою умовою функціонування розробленої системи радіочастотної ідентифікації в межах проведеного дослідження є відсутність на даній робочій частоті та поблизу сканера електромагнітних завад різної природи походження.

Ключові слова: ідентифікація, мітка, доступ, Arduino, ключ, система, інформація, транспондер.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток інформаційних технологій останнім часом змушує розробників електронної апаратури розробляти нові застосування та додатки, які дозволять у майбутньому забезпечити суспільству певний комфорт у побуті та на роботі. До числа таких застосувань відносять, зокрема, системи радіочастотної ідентифікації, які дозволяють не лише забезпечити,

наприклад, захист будинку, але й можуть значно підвищити рівень доступу до об'єктів та предметів, тобто контроль їх користування. Разом з тим електронні розробки, які сьогодні превалюють на ринку, повинні відрізнятись мініатюрністю, надійністю та простим управлінням. Цю задачу можна виконати на основі використання програмних та апаратних засобів Arduino.

Постановка завдання. Використання системи радіочастотної ідентифікації на основі апаратно-програмних засобів Arduino дозволяє розв'язати безліч технічних задач. Зокрема, ця система може бути ідентифікатором приналежності приладу до певної торгової марки чи мережі. Крім цього, використання цієї системи може бути частиною захисту та ідентифікації об'єкта, наприклад, будинку, який охороняється.

Метою статті є аналіз передумов та розроблення макету моделі системи радіочастотного доступу, проведення її тестування на основі програмних особливостей архітектури Arduino. Окремо необхідно визначити технічні обмеження, які необхідно враховувати під час розробки подібних систем ідентифікації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Технологія радіочастотної ідентифікації (RFID) – технологія бездротового обміну даними через радіосигнал між електронною міткою, яка поміщається на об'єкті, і спеціальним радіоелектронним пристроєм, що зчитує сигнал мітки [1–3]. Через зростання числа і зниження розміру об'єктів, на які встановлюються мітки, необхідно, щоб зчитувач був здатний одночасно зчитувати безліч міток, які перебувають у зоні його дії; причому мітки можуть розміщуватися близько один від одного. На цей час найкращим способом вирішення такого завдання – колізії сигналів – є наділення самих міток певним інтелектом. Мітка може містити дані про тип об'єкта, вартість, вагу, температуру та дані логістики, а також будь-яку іншу інформацію про об'єкт. Така технологія ідентифікації надає значно більше можливостей порівняно з традиційними системами маркування. Радіопозначка, як і багато штрих-кодів, може бути представлена у вигляді самоклеючої етикетки. Але, якщо на штрих-коді інформація зберігається в графічному вигляді, то на мітку дані заносяться і зчитуються за допомогою радіохвиль. Ключ RFID і система контролю доступу сьогодні широко використовується повсюдно. Вона може бути встановлена навіть на вході в під'їзд [4–5]. З її допомогою можна легко контролювати порядок на будь-якому об'єкті. Системи доступу прості в управлінні, і за необхідності їх можна розширювати. Деякі з них захищені від копіювання ключів.

Сучасний ключ RFID характеризується тим, що сигнал може передаватись на відстань до 15 сантиметрів. Але зазвичай їм торкаються до зчитувача. Ключі діляться на кілька видів [6]. Так, є майстер-ключ, який може керувати режимами

роботи контролера, і з його допомогою програмують даний пристрій. Простий ключ дозволяє отримати доступ в приміщення, і використовуючи його, можна пройти через турнікет. Виконавчий пристрій моментально відкривається щойно піднести його до зчитувача.

Мікроконтролер Arduino може забезпечити програмування та управління підключеними до нього компонентами системи радіочастотної ідентифікації, пересилаючи їм вихідні дані (які передаються з плати Arduino). Плата обладнана 14 цифровими контактами введення / виведення (контакти 0-13). Кожен з них може бути налаштований як вхід, так і як вихід. Середовище розробки має простий інтерфейс і використовується для створення скетчів (файлів з кодом програм для Arduino), які потім передаються на плату Arduino через USB-кабель. Скетч повідомляє мікрокомп'ютеру, які дії слід виконувати.

Створення проекту системи RFID на Arduino можна визначити на основі 3 головних етапів: написання коду, прототипування (макетування) і прошивка. Для того, щоб написати код, а потім прошити плату, необхідно завантажити середовище розробки Arduino IDE.

Структура системи.

В рамках дослідження був створений пристрій на основі Arduino, який буде читати радіомаркери і картки RFID, і може бути використаний, зокрема, для створення системи доступу і управління цифровими виходами. Так, у складі системи радіочастотної ідентифікації задля проведення експерименту з оцінки можливостей та обмежень останньої були обрані наступні компоненти макету: плата Arduino nano; модуль Arduino RFID RC522; картка та брелоки для зчитування. Мікросхема MF RC522 підтримує MIFARE високошвидкісний безконтактний зв'язок, двосторонню швидкість передачі даних до 424 кбіт/с. Даний модуль може бути використаний для різних радіоаматорських і комерційних застосувань, у тому числі для контролю доступу, автоматичної ідентифікації, робототехніки, відстеження речей, платіжних систем тощо. Модуль RFID RC522 забезпечує бездротову комунікацію на частоті 13,56 МГц (рис. 1). Підключати мікросхему можна через інтерфейси: SPI, I2c і UART. Стандарт протоколу NFC Reader ISO 14443.

Аналізуючи модуль системи, можна визначити основні способи застосування RC522: а) автоматичний замок для відкривання дверей, ящика, шафи; б) програматор для домофонних ключів; в) організація складського обліку



Рис. 1. Модуль RFID

(але з цим трохи складніше – потрібно закупити RFID-мітки, такі ж, як і на будь-якому товарі в сучасному магазині).

Безконтактна пластикова карта має вигляд пластини з вбудованим RFID-чіпом Mifare 1K. З метою персоналізації RFID-карти випускають з номером, який містить унікальний набір з UID 7 байт. Пристрій з чипом Mifare, що працює на частоті 13,56 МГц у вигляді брелока, наближення якого реагує безконтактний радіочастотний зчитувач, розроблений на основі NXP MF1S50, який підключений до котушки, а потім вбудований у корпус з АБС-пластика. Для підключення використана плата Arduino, зчитувач RC522, комп'ютер, дроти і бездротова RFID мітка (рисунок 2).

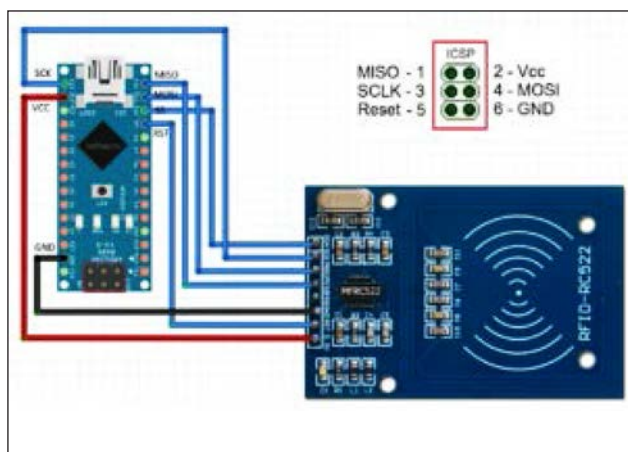


Рис. 2. Схема підключення

Особливості проведення експерименту

Перед початком роботи системи мітка повинна бути нанесена або закріплена на предмет (UID-картка), який необхідно за умовами контролювати. Об'єкт з міткою повинен пройти первинну реєстрацію в системі за допомогою стаціонарного або переносного зчитувача. Плата Arduino оснащена додатковим роз'ємом ICSP, який використовується для роботи через інтерфейс SPI. Для роботи з модулем потрібно встановити бібліотеку RFID Library for MFRC522 (рисунок 3).

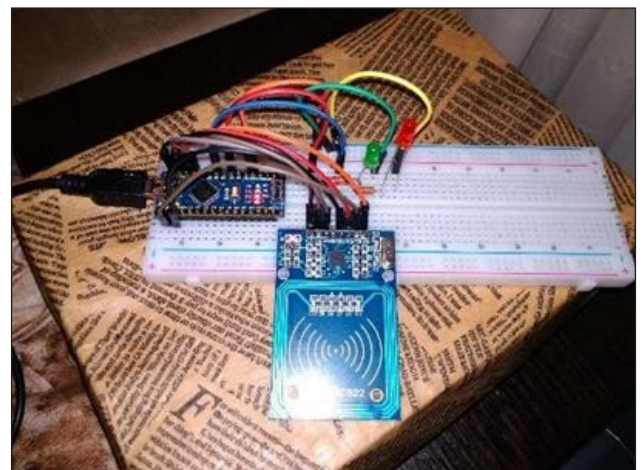


Рис. 3. Схема підключення модуля

Після встановлення бібліотеки потрібно завантажити тестовий скетч для зчитування номера картки cardRead, включити моніторинг послідовного порту. Далі мітку потрібно піднести

до рідера, і відбудеться ініціалізація мітки. Наступним етапом необхідно підключити модуль RFID-RC522 до Arduino по інтерфейсу SPI. Коли піднесемо мітку до RFID, в консолі виведеться, наприклад, номер, який показано на рисунку 4.

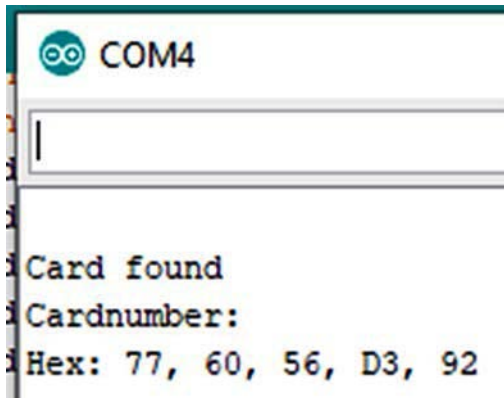


Рис. 4. Ідентифікація мітки

Результати експерименту.

У рамках другої частини проведеного експерименту були перевірені технічні можливості розробленої RFID-системи, а саме було перевірено можливість спрацювання системи, якщо на шляху між транспондером та зчитувачем є завади, які за теорією повинні обмежувати розповсюдження електромагнітних коливань. У якості тестових об'єктів були обрані активний домофонний ключ, мітка у формі електронної картки, яка успішно пройшла процес ідентифікації. Як перепони були використані наступні елементи – колода гральних карт, яка за товщиною приблизно відповідає радіусу дії зчитувача системи, керамічна тарілка та сталева кришка у формі кола, яка повинна відігравати роль металевого екрану.

Для другого режиму був обраний екран радіусом 48 мм, який має висоту 10 мм та товщину 0,4 мм. Виявилось, що система не може провести процедуру ідентифікації, навіть за умови того, що відстань між рідером та міткою набагато менше за допустимі 10 см (рис. 5). Зазначимо, що тестовий об'єкт завади є не закритим екраном за формою.

Для третього режиму, була обрана керамічна тарілка радіусом 65 мм, яка має висоту 20 мм та товщину 10 мм (рисунок 6).

За результатами проведеного дослідження третього режиму можна дійти висновку, що обраний елемент не впливає на якість роботи спрацювання системи ідентифікації за умови дотримання наступних вказівок. Так, робота системи можлива, коли керамічна тарілка та елемент зчитування в парі розташовані максимально впритул між собою (відстань між еле-

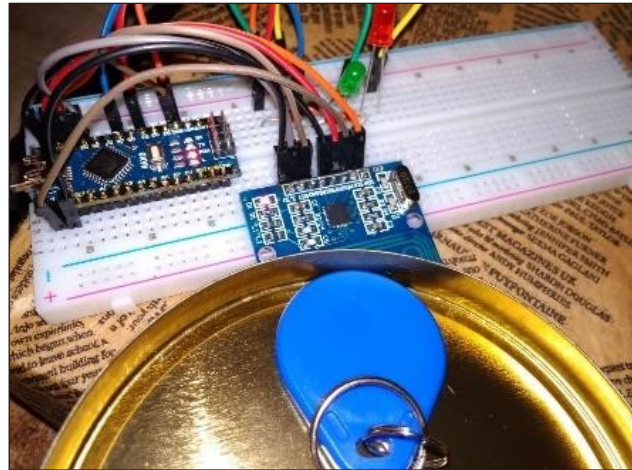


Рис. 5. Умови експерименту

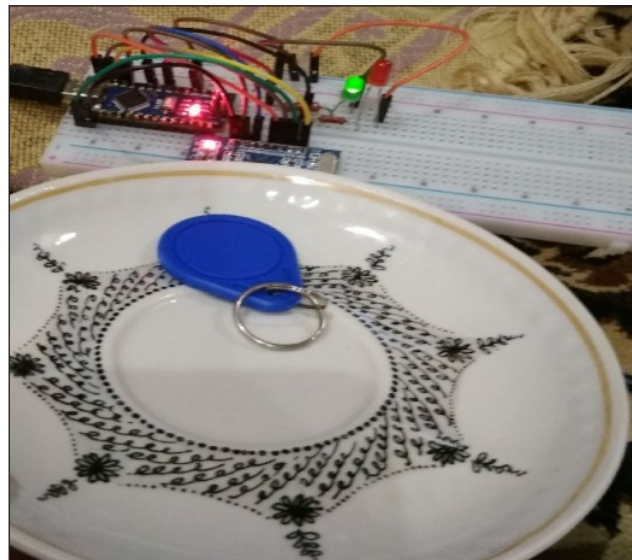


Рис. 6. Результат експерименту

ментом зчитування та зчитувачем дорівнює приблизно 20 мм).

У результаті виявлено, що система радіочастотної ідентифікації під час використання ключа та мітки у формі картки зчитує безперешкодно дані, якщо в якості перепони є колода гральних карт. За результатами проведених експериментів можна зробити висновок, що розроблена система радіочастотної ідентифікації на основі модуля Arduino потребує ідеальних умов зчитування інформації. Випадок, коли на робочій частоті 13,56 МГц є інші випромінювачі, може призвести до ситуації, коли система не функціонує.

З іншого боку, відстань між зчитувачем та міткою, незалежно від типу цієї мітки, повинна забезпечуватись в умовах «прямої» видимості.

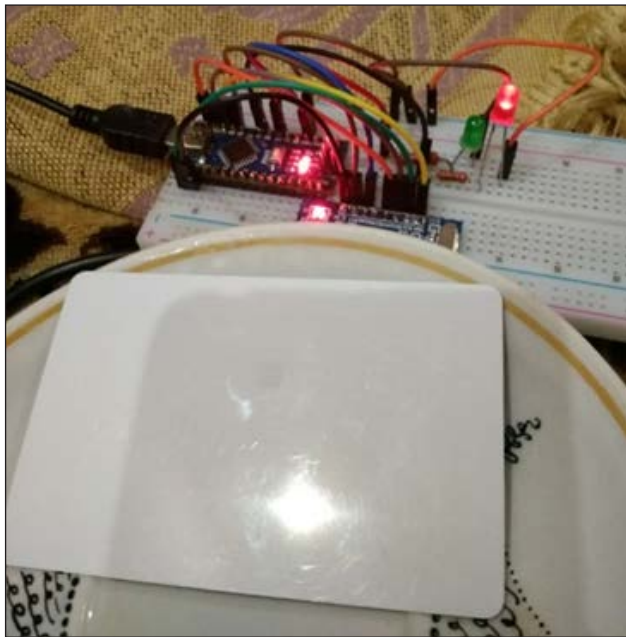


Рис. 7. Результат експерименту

Це своєю чергою є певним обмеженням роботи спроектованої системи і потребує у подальшому проведення удосконалення розробленого модуля ідентифікації.

У рамках дослідження умови 3-го режиму були змінені. Так, замість домофонного ключа була покладена на тарілку картка (рисунки 7). Така зміна об'єкту зчитування не призвела до зміни активації створеної системи ідентифікації.

Висновки. Визначено, що створена модель системи радіочастотної ідентифікації на основі плати Arduino має свої технічні особливості налаштування, які характеризуються проведенням алгоритму програмування складових системи, ініціалізації та аутентифікації об'єкту на основі спеціальних міток доступу – картка та ключ. Побудована модель доступу може бути використана під час ідентифікації об'єктів у спеціальних системах охорони приміщень. Знайдено, що створений модуль у різних режимах функціонування має технічні обмеження, які визначаються обмеженням радіусом дії, формою зчитувача та конструкцією радіочастотної мітки.

Визначено, що умовою функціонування розробленої системи радіочастотної ідентифікації є відсутність на даній робочій частоті та поблизу сканера електромагнітних завад різної природи походження.

Список літератури:

1. Шарфельд Т. Системы RFID низкой стоимости. Москва : «Горячая линия Телеком», 2006. 197 с.
2. Компоненты устройств бесконтактной идентификации (RFID). URL: www.microem.ru (дата звернення: 12.10.2019)
3. История создания Arduino. URL: <https://arduino.ua/art2-istoriya-sozdaniya-arduino> (дата звернення: 10.10.2019).
4. Arduino Nano. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Nano> (дата звернення: 2.10.2019).
5. RFID – брелок Mifare 1K. URL: <https://chip-ua.com/uk/beskontaktnyj-brelok-s-chipom-mifare/> (дата звернення: 12.10.2019).
6. RFID модуль RC522 с карточкой доступа для Arduino. URL: <https://arduino.ua/prod649-rfid-modul-rc522-s-kartochkoi-dostupa-dlya-arduino> (дата звернення: 03.09.2019).

Shaparets M.S., Trapezon A.G., Trapezon K.O. RESEARCH OF THE POSSIBILITIES OF THE RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION SYSTEM BASED ON THE USE OF THE ARDUINO HARDWARE AND SOFTWARE PLATFORM

The features and main steps for creating a radio frequency identification system based on Arduino software are identified. It is stated that it is advisable to implement the radio frequency identification system on the basis of Arduino hardware, based on three basic steps – writing code with support in the Arduino IDE environment, schematic layout and firmware of the created layout. In this case, the correct operation of the system must meet those technical limitations inherent in similar systems of identification. It is shown through a practical experiment that the created model of the system has its own technical features, which are characterized by at least the algorithm of programming the system components, initialization and authentication of the object based on special access tags. As part of the study, a model of the device that can be attached to the organization of the security complex was constructed, since the testing of radio markers and RFID cards can be further adapted in the form of one of the links of the procedure of access with authentication to the protected room. It is found that the identification module in different modes of operation may have its technical limitations, which are determined by the limited range, the form of the reader and the design of the radio frequency label. At the same time, the resulting limitations of the constructed system may serve as a further impetus for the modernization of existing radio frequency identification systems. In particular, this may relate to the

elimination of electromagnetic interference in the operation of the transponder and the RFID reader at a specified operating frequency, not only through the selection and subsequent switching of the communication channel. It is found that a separate condition for the functioning of the developed radio frequency identification system within the limits of the conducted research is the absence at this operating frequency and near the scanner of electromagnetic interference of different nature of origin.

Key words: *identification, label, access, Arduino, key, system, information, transponder.*

Yanenko M.V.

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Karpluk Ye.S

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

NOVEL APPROACH OF MODULAR EIT ARCHITECTURE BASED ON BALANCED CONTROLLED CURRENT SOURCE ARRAY

The article introduces a new approach to the architecture of impedance tomography devices based on Howland current sources with grounded load for using in code division impedance tomography devices. For maintaining the current balance in the circuit, a feedback loop was created, based on operational amplifiers. Computer modeling of electrical circuits in the ORCAD PSPICE environment was used to study the proposed approach. Modeling of circuits used models of real components. The Cole model was used as a phantom to simulate both the active component of the impedance, which described the conductivity of intracellular and extracellular substances, and the reactive, which described the conductivity of cell membranes. Two approaches have been modeled, the first of which is classic and transformer based, the second is a proposed approach based on controlled current sources. Transfer characteristic of single current sources with different active load were obtained. The classical approach has been considered in terms of the overall characteristics of the device. The impedance of the simulated phantom of the patient is also estimated using ideal current sources and real current sources. The two approaches have been compared in the paper using different methods of estimating the accuracy of measuring the phantom impedance in a given frequency band. The rms value and the maximum deviation from the real value were chosen to estimate accuracy. Also, for comparison of circuit approaches, the operating frequency band for impedance measurement was determined. The proposed principle can be used to create impedance tomography devices using code division channels. Also, the proposed approach has a lower cost, is more compact and less expensive. This approach is modular, which allowed to increase the number of tomograph channels.

Key words: *Electrical Impedance Tomography, Howland current source, code channels dividing, modeling, patient phantom model.*

Introduction. Electrical Impedance Tomography (EIT) is method of medical imaging using multi-channel impedance measurements through electrodes attached to body. Image of body part or organ in such system is obtained by solving a mathematical problem. Estimated image represents impedance of tissue. Invented in 1989 [1, p. 40], EIT has made significant progress and is still developing.

EIT is a non-invasive, inexpensive, radiation-free and portable medical imaging technique [2, p. 89]. Also, such instrument can be applied for real time continuous patient monitoring, including Intensive Care Unit (ICU) patients monitoring, and for diagnostics.

Because of such advantages, Impedance Tomography has been successfully used in many areas of medicine. EIT was used for breast cancer detection [3], which can be used as primary screening for early detection of cancer [4]. Also, EIT is used for non-invasive hemodynamic monitoring [5], which is especially important for patients with heart disease. EIT

has a wide range of applications of in lung monitoring, as example for lung ventilation and perfusion [6], lung recruitment monitoring [7], pneumothorax detection [8] not only for adult, but also for infants, especially after cardiac surgery [9]. EIT was applied in neonatology for brain injuries detecting [10], and brain activity imaging [11].

Electrical impedance measurements techniques. Classic way of electrical impedance measurements is applying single-frequency sinusoidal current signal between pair of electrodes and measuring resulting voltage [12]. The new generation of EIT systems allows us to generate a wide range of alternative currents. Using sinusoidal signal of more than one frequency is called multi-frequency EIT [13] [14], which is helpful to reveal more information from image otherness on different frequencies for study conductivities of various tissues [15]. Such systems require multiplexor for high speed multiplexing between channels. Block-scheme is shown on Fig. 1.

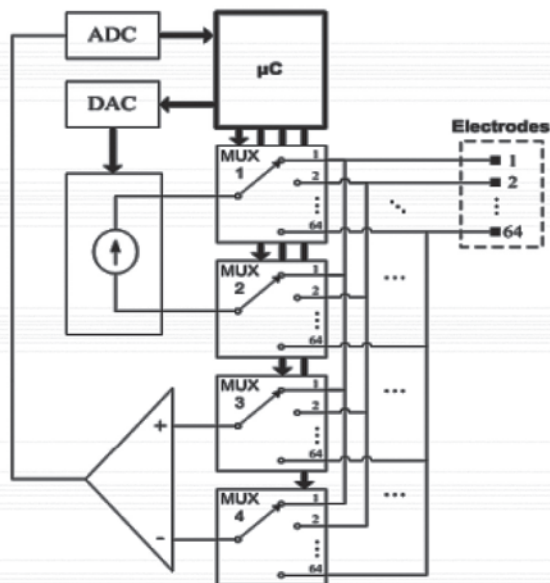


Fig. 1. High-level architecture of multiplexor-based EIT [13]

In past decade much research has focused on the way of dividing channels without multiplexor, which reduce power consumption and cost. The first way is Frequency Division Multiplexing (FDM). In FDM-based systems each current signal has unique frequency [16]. Measured signal could be divided on independent signals by Fast Fourier Transform (FFT) [17].

Another way is using unique orthogonal symbol sequence for each channel – Code Division Multiplexing (CDM) [18]. The principle is modulating signal of each channel using binary digital code. The codes which may be used are called Gold Codes, also used in the Global Positioning System (GPS) to encode the signals from the GPS satellite constellation. Codes of this type are generally referred to as pseudorandom noise (PRN) sequences, as they appear to be random and have the characteristics of noise. The spectral characteristics of the CDM input signal effectively interrogate the sample over a wide range of frequencies, and the output signals can be transformed to produce a spectrum, giving us simultaneous wide-band spectroscopy on all channels.

Channel dividing is achieved by using cross-correlation principle.

CDM principle requires appropriate solutions for current injection circuit in the area of circuit design: device should be low-cost, low-energy consumption, wide-frequency range, high output impedance. Previous researchers proposed circle with transformer [19] for current injecting and patient isolating, but this approach requires more free space on the board.

Howland current sources with grounded load for CDM EIT may be used for EIT. The schematic diagrams of enhanced Howland circuit are shown in Fig. 2.

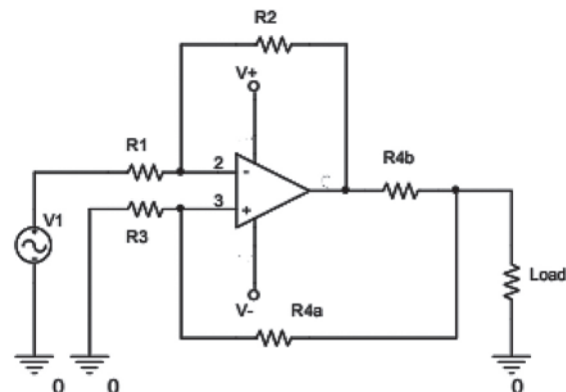


Fig. 2. Enhanced Howland circuit [20]

The structure of enhanced Howland circuit uses only one operational amplifier and some passive components. Such scheme was used for multi-frequency EIT [20][21]. The output current of this circuit is computed by equation (1):

$$I_L = -\frac{V_1 R_2}{R_4 b R_1} \quad (1)$$

The output current I_L is controlled by signal V_1 and resistors, but independent of load. Ideal output impedance is presented by equation (2):

$$R_{out} = \frac{R_1 R_4 b (R_3 + R_4 a)}{R_2 R_3 - R_1 (R_4 a + R_4 b)} \quad (2)$$

When resistors ratio achieve balance according to equation: $R_2 R_3 = R_1 (R_4 a + R_4 b)$, ideal output impedance is equal to infinity.

Because of such wide range of applications, such systems have special requirement to hardware. EIT devices should be portable, low-cost, low-energy consumption and patient-safe. The purpose of our study is proposing solutions to this problem for novel hardware architecture of EIT, and also comparing different approaches between them for describing advantages and disadvantages each of them.

New EIT approach evaluation

Based on the shortcomings of existing devices, new EIT techich with code division multiplexing was proposed. New principle implements the measurement of patient impedance using a grounded load Howland current sources. For current balancing current feedback circuit were used for proposed scheme.

Proposed module-based approach with Enhanced Howland current source is represented on fig. 3.

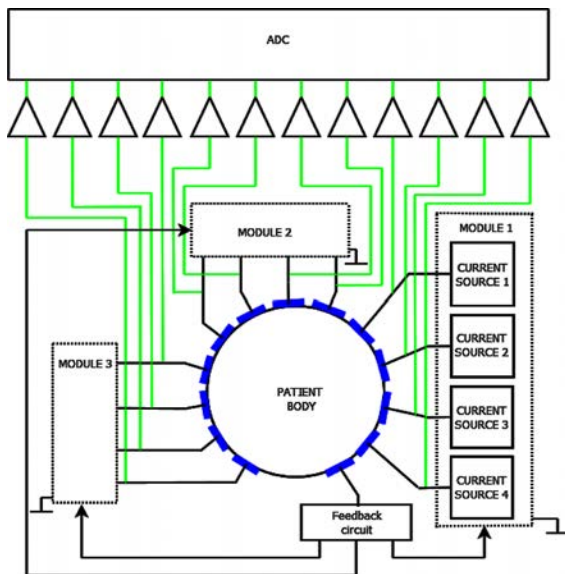


Fig. 3. New EIT technique block diagram

Each CURRENT SOURCE block on Fig. 3 is Enhanced Howland circuit. All modules are connected general ground. Each MODULE block consists four Howland current sources, for all of them current offset from current feedback is added for unbalanced current compensating. Such modules can be combined in any number for increasing channels number.

Feedback circuit is presented on figure 4.

Amplifier U_5 and resistor R_{29} form feedback amplifier, in which depth of current feedback depends of resistance. Second part consists of amplifier U_6 and resistors R_{30} , R_{31} , which is inverting amplifier.

Also, proposed approach for EIT was compared with transformer scheme [18][19] to determine optimal solution. One voltage-to-current converter based on transformer is depicted on fig.5., where R_1 , R_2 is winging resistance, $R_{measure}$ is precision resistor for

indirect impedance measurements.

a) Scheme modeling and evaluation;

Simulation of all three approaches were provided in Orcad Pspice. As result of AC analysis, impedance response were evaluated for technique comparison with ideal current sources and real current sources between two approaches. As a measure of the difference from the real impedance, the standard deviation (3) and maximum deviation (4) were chosen.

$$\delta_2 = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i}} \quad (3)$$

$$\delta_{max} = \max \left| \frac{X - Y}{X} \right| \quad (4)$$

Both equation (3) and (4) use the same values, where X - measured phantom impedance with ideal current sources, Y - measured phantom impedance with real current sources.

b) Patient model;

As a patient model Single Cole Model [22] was chosen. Commonly, equivalent circuit (fig. 6) with parameters of the Cole bioimpedance model is widely used to represent the electrical impedance of biological tissues. The circuit parameters that represent the impedance of a biological tissue and describe both the magnitude and phase of the impedance.

The model parameters R_0 , R_1 are associated with tissue fluids and C, α are associated with the cellular membranes of the tissues [23]. Parameters values were chosen as $R_0 = 2k\Omega$, $R_1 = 20k\Omega$, $C = 35nF$.

For patient phantom modeling Cole circuits were connected between all electrodes with principle "one-with-each-one".

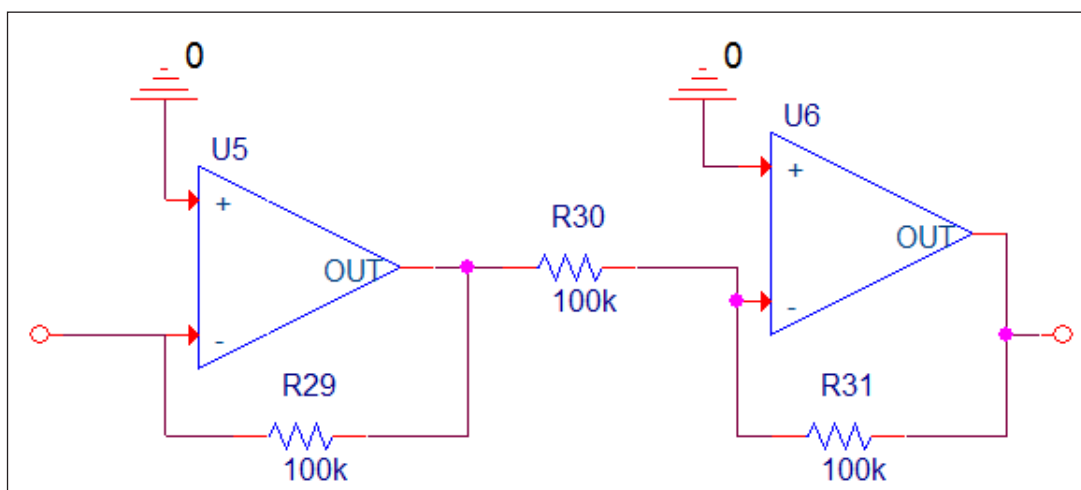


Fig. 4. Current feedback circuit

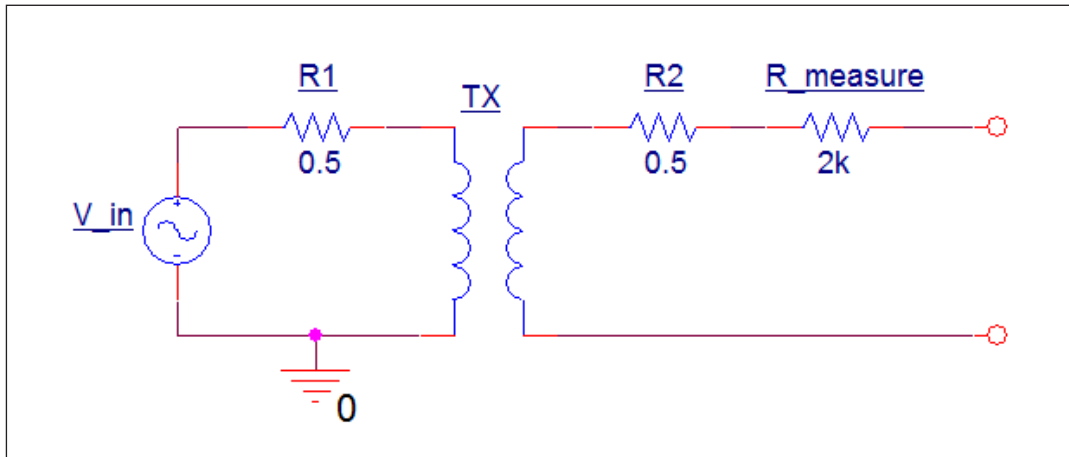


Fig. 5. Transformer-based circuit

c) Materials;

The ADA4891-1, is CMOS, high speed amplifiers that offer high performance at a low cost. The amplifier feature is true single-supply capability, with an input voltage range that extends 300 mV below the negative rail. In spite of low cost, the ADA4891-1 provides high performance and versatility.

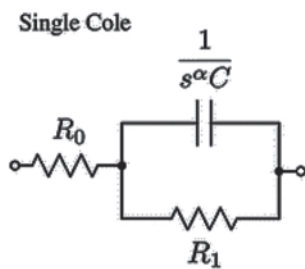


Fig. 6. Single Cole equivalent circuit [23]

Results

a) Classic transformer-based solution amplitude-frequency characteristic

Single transformer based circuit with active load were simulated. Also, the current source transfer char-

acteristic was acquired depending on the load resistance (fig. 8). The load resistance was varied from 1 kOhm ('□') to 50 kOhm ('*') with step 5kOhm.

According to figure 8 output current increases with load resistance. Also, output current increases on the frequency interval to 1kHz due to winding inductance, and after that is stable.

Four transformer sources were simulated with patient phantom. Impedance frequency response were obtained from simulated data using formula (3) for impedance divider according to figure 5. In equation 3 U_{load} is amplitude frequency response, Z_{load} is load impedance, U_2 is secondary winding voltage.

$$U_{load} = U_2 \frac{Z_{load}}{R_{measure} + Z_{load}} \quad (3)$$

Impedance frequency response of patient phantom was imposed on fig. 9 for comparing.

According to figure 9, two curves are superimposed, both of them have a decrease on frequency response in the interval from 100 Hz to 1kHz due to nature of patient model.

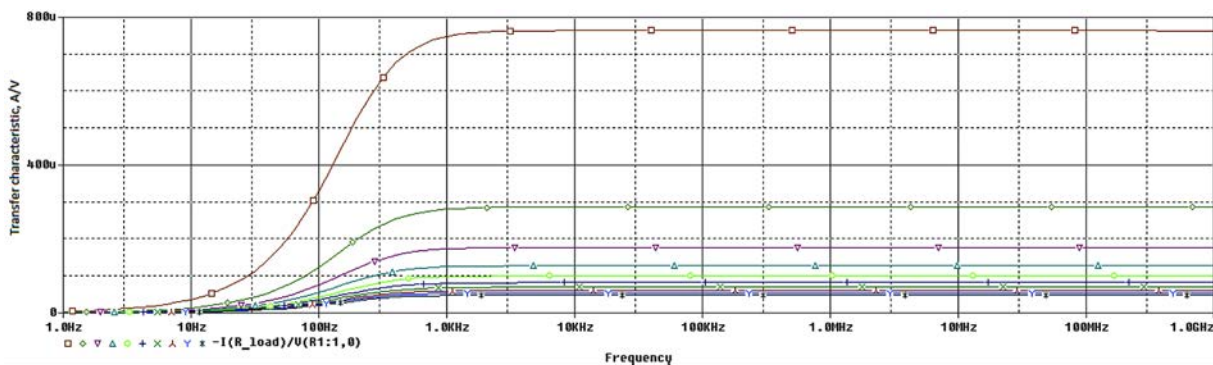


Fig. 8. Controlled current source transfer characteristic of transformer scheme

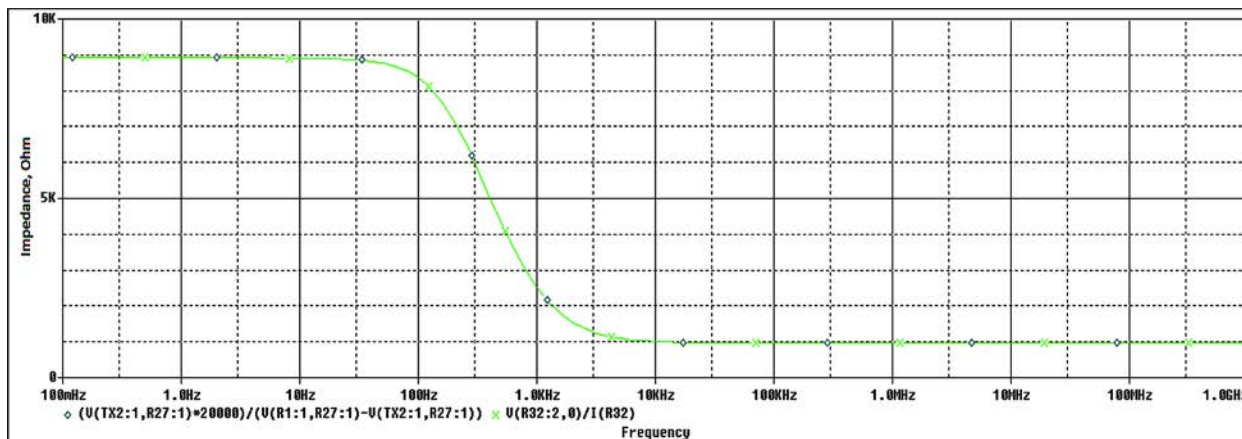


Fig. 9. Impedance response of patient phantom with ideal current sources (x) and transformer based current circuit (o)

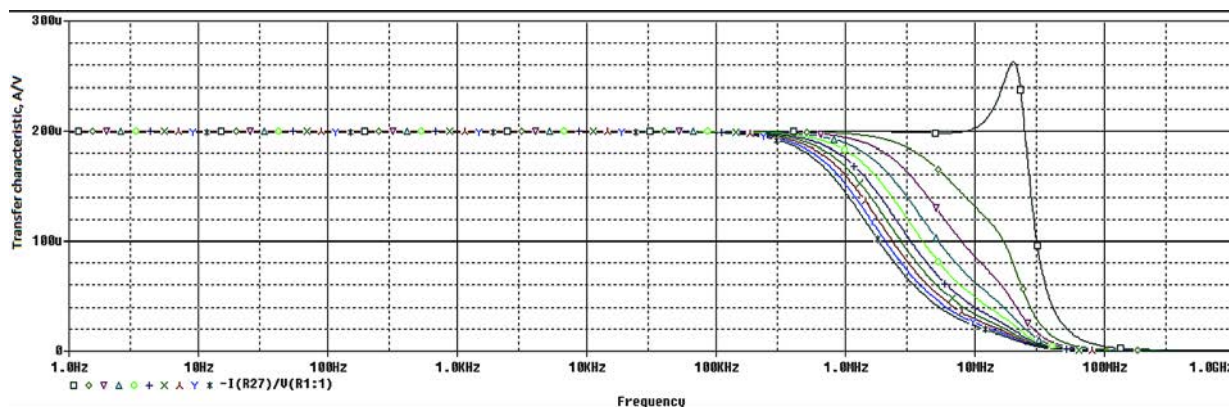


Fig. 10. Controlled current source transfer characteristic of Howland current source

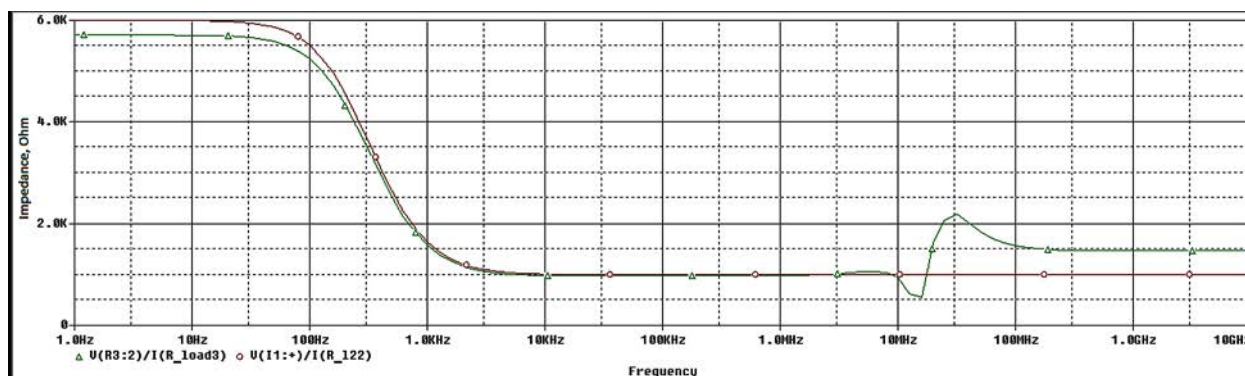


Fig. 11. Impedance of Howland current sources with feedback (line with ‘□’) and patient phantom impedance with ideal current sources (line with ‘o’)

b) New approach modeling result

Single Howland current source with grounded active load were simulated for obtaining transfer characteristic (fig. 10). Characteristic was acquired depending on the load resistance, which was varied

from 1 kOhm (‘□’) to 100 kOhm (‘*’) with step 10kOhm.

Impedance frequency response were obtained from simulated data of Howland current sources with feedback circuit and patient phantom. Impedance fre-

quency response of patient phantom was imposed on fig. 11 for comparing.

According to figure 11, two curves are superimposed on frequency interval from 1 kHz to 5 MHz. Impedance increasing after 10 kHz is affected by amplitude response of non-ideal amplifiers. Sharp decline and then peak impedance values is caused by frequency dependence of feedback circuit due to real amplifiers models.

Approaches were obtained with chosen norm (3) and (4) in frequency band from 1 kHz to 5 MHz. The results are presented in the table 1.

	Transformer-based approach	Proposed approach
δ_2	8.11E-6	0.0017
δ_{max}	1.43E-5	0.0064

Conclusion. Proposed approach can be used for EIT applications. Despite a narrower band and slightly low accuracy than modulated transformer based design, such approach has advantages. Impedance measurement error of proposed scheme is not higher than 0.64%. The upper frequency of the band (5MHz) is equal to some researchers proposed in other publications [18, p. 200].

References:

1. Eyuboglu, B.M., Brown, B.H., Barber, D.C. In vivo imaging of cardiac related impedance changes. *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.* 1989. Vol 8. P. 39–45.
2. Talha Ali Khan, Sai Ho Ling Review on Electrical Impedance Tomography: Artificial Intelligence Methods and its Applications. *Algorithms.* 2019. Vol. 12, № 5, P. 88.
3. V. Cherepenin, A. Karpov, A. Korjensky, V. Kornienko, A. Mazaletskaya, D. Mazourov, D. Meister A 3D electrical impedance tomography (EIT) system for breast cancer detection. *Physiol. Meas.* 2001. Vol. 22. 2001. P. 9–18.
4. Akhtari-Zavare M., Latiff L.A. Electrical Impedance Tomography as a Primary Screening Technique for Breast Cancer Detection. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2015. Vol.16, № 14. P. 55–57.
5. Leonhardt S., Pikkemaat R., Stenqvist O., Lundin S. Electrical Impedance Tomography for hemodynamic monitoring. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2012.* 2012. P. 122.
6. Leonhardt S., Lachmann B. Electrical impedance tomography: the holy grail of ventilation and perfusion monitoring? *Intensive Care Med.* 2012. Vol. 38 № 12. P. 1917–29.
7. Long Yun, Huai-wu He, Knut Moller, Ine'z Frerichs, Dawei Liu, Zhanqi Zhao Assessment of Lung Recruitment by Electrical Impedance Tomography and Oxygenation in ARDS Patients. *Medicine.* 2016. Vol. 95, № 22.
8. Miedema M., Frerichs I., de Jongh F.H., van Veenendaal M.B., van Kaam A.H. Pneumothorax in a preterm infant monitored by electrical impedance tomography: a case report. *Neonatology.* 2011. Vol. 99, № 1. P. 10–3.
9. Krause U., Becker K., Hahn G., Dittmar J., Ruschewski W., Paul T. Monitoring of regional lung ventilation using electrical impedance tomography after cardiac surgery in infants and children. *Pediatr Cardiol.* 2014. Vol. 35, № 6. P. 990–7.
10. McDermott B., O'Halloran M., Porter E., Santorelli A. Brain haemorrhage detection using a SVM classifier with electrical impedance tomography measurement frames. *PLoS ONE.* 2018. Vol. 13, №7.
11. David S. Holder Electrical impedance tomography (EIT) of brain function. *Brain Topography.* 1992. Vol. 5, №2. P. 87–93.
12. L. C. Moro, R. W. Porto Single Frequency Electrical Impedance Tomography System with Offline Reconstruction Algorithm. *2015 IEEE 6th Latin American Symposium on Circuits & Systems (LASCAS),* 2015.
13. Christos Dimas, Petros Tsampas, Nikolaos Ouzounoglou, Paul P. Sotiriadis Development of a Modular 64-Electrodes Electrical Impedance Tomography System”, 2017 6th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST), 2017.
14. Susana Aguiar Santos, Thomas Schlebusch, Steffen Leonhardt Simulation of a Current Source with a Cole-Cole Load for multi-frequency Electrical Impedance Tomography. *35th Annual International Conference of the IEEE EMBS Osaka.* 2013.
15. Shi Xuetao, Dong Xiuzhen, You Fusheng, Fu Feng, Liu Ruigang High precision Multifrequency Electrical Impedance Tomography System and Preliminary imaging results on saline tank. *Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai.* 2005. P. 1493-95.
16. Yair Granot, Antoni Ivorra, Boris Rubinsky Frequency-Division Multiplexing for Electrical Impedance Tomography in Biomedical Applications. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Biomedical Imaging.* 2007. P. 1–9.
17. Boxiao Liu, Guoxing Wang, Yongfu Li, Lei Zeng, Hui Li, Yue Gao, Yixin Ma, Yong Lian, Chun-Huat Heng A 13-Channel 1.53-mW 11.28-mm² Electrical Impedance Tomography SoC Based on Frequency Division Multiplexing for Lung Physiological Imaging. *2019 IEEE International Solid- State Circuits Conference – (ISSCC).* 2019. P. 1–11.

18. L. McEwan A., S. Holder D., Tapson J. and van Schaik A. WIDE-BANDWIDTH, HIGH FRAME RATE ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY / SPECTROSCOPY – A Code Division Multiplexing (CDM) Approach. *In Proceedings of the First International Conference on Biomedical Electronics and Devices*. 2008. P. 196–203.

19. A. McEwan, J. Tapson, A. van Schaik, D.S. Holder Electrode Circuits for Frequency and Code Division Multiplexed Impedance Tomography. *2007 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference*. 2007. P. 130–133.

20. Cheng-Yu Chen, Yi-Yu Lu, Wen-Lung Huang, Kuo-Shang Cheng The Simulation of Current Generator Design for Multi-Frequency Electrical Impedance Tomograph. *Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference New York City*. 2006.

21. Yinan Wang, Nan Li, Hongqi Yu, Zhaolin Sun, Hongshan Nie, Hui Xu Study on Wide-band Voltage Controlled Current Source for Electrical Impedance Tomography. *2011 Second International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application*. 2011. P. 1499–1502.

22. Todd J. Freeborn, Ahmed S. Elwakil, Brent Maundy Variability of Cole-model bioimpedance parameters using magnitude-only measurements of apples from a two-electrode configuration. *International Journal of Food Properties*. 2017. Vol. 20, P. 507–519.

23. Todd J. Freeborn, Bo Fu, Fatigue-Induced Cole Electrical Impedance Model Changes of Biceps Tissue Bioimpedance. *Fractal Fract*. 2018. Vol. 2. P. 27.

Яненко М.В., Карплюк Є.С. НОВИЙ ПІДХІД ДО МОДУЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ ІМПЕДАНСНОЇ ТОМОГРАФІЇ, ЗАСНОВАНИЙ НА КОНТРОЛЬОВАНОМУ ДЖЕРЕЛІ СТРУМУ

У статті наведено новий підхід до модульної архітектури пристрою імпедансної томографії на основі керованих джерел струму Хоуланда із заземленим навантаженням для застосування в приладах імпедансної томографії із кодовим розділенням каналів. Для підтримання балансу струму в схемі було використано коло зворотного зв'язку, що створено на основі операційних підсилювачів. Для дослідження запропонованого підходу було використано комп'ютерне моделювання електричних схем у середовищі ORCAD PSPICE. Під час моделювання схем було використано моделі реальних компонентів. Як фантом було використано модель, засновану на моделі Коула, що імітує як активний складник імпеданса, який своєю чергою імітує як провідність клітинної та позаклітинної речовини, так і реактивну, що імітує провідність клітинних мембран. Було промодельовано два підходи, перший із них є класичним і заснований на використанні трансформаторів, другий – запропонований підхід на основі керованих джерел струму. Класичний підхід було розглянуто з точки зору габаритних характеристик приладу. Також досліджується імпеданс змодельованого фантому пацієнта із використанням ідеальних джерел струму і реальних джерел струму. Два підходи було порівняно в статті за допомогою різних методів оцінки точності вимірювання імпедансу фантому в визначеній смузі частот. Було отримано функції передачі окремих джерел струму за різного активного навантаження. Для оцінки точності було обрано середньоквадратичне значення та максимальне відхилення від реального значення. Також для порівняння схемних підходів було визначено смугу робочих частот для вимірювання імпедансу. Запропонований принцип може бути використаний для створення пристроїв імпедансної томографії із використанням кодового розділення каналів. Також запропонований підхід має нижчу вартість, є більш компактним та мало споживаючим. Такий підхід є модульним, що дозволяє збільшувати кількість каналів томографа.

Ключові слова: імпедансна томографія, джерело струму Хоуланда, Кодове розділення каналів, моделювання, модель фантому пацієнта.

Відомості про авторів

Азарова Н.Г. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології м'яса, риби і морепродуктів Одеської національної академії харчових технологій;

Антоненко А.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Арпуль О.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанної справи Національного університету харчових технологій;

Артамонов В.В. – доктор технічних наук, завідувач кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського;

Бабенко А.В. – магістр Дніпровського державного технічного університету;

Бабенко В.І. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології жирів, хімічних технологій харчових добавок і косметичних засобів Національного університету харчових технологій;

Бахмач В.О. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології жирів, хімічних технологій харчових добавок і косметичних засобів Національного університету харчових технологій;

Березова Г.О. – асистент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції Національного університету харчових технологій;

Бернацький А.В. – кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання» Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України;

Большакова В.А. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології м'яса Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Булавка С.С. – аспірант кафедри кондиціонування і рефрижерації Машинобудівного навчально-наукового інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова;

Бухіник О.О. – магістрант кафедри технічної електрохімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

Войтик П.М. – магістрант Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Габ А.І. – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри сучасної інженерії та нанотехнологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»;

Гавриш А.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції, факультет готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Національного університету харчових технологій;

Гарбазій К.С. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, заступник декана факультету технології та товарознавства харчових продуктів і продовольчого бізнесу Одеської національної академії харчових технологій;

Гера О.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії та землеустрою Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу;

Гомеля М.Д. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Горбунович І.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики Національного транспортно-університету;

Гришин О.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теорії металургійних процесів та хімії Національної металургійної академії України;

Грищенко І.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Гуменюк А.А. – магістр факультету готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Національного університету харчових технологій;

Данилян А.Г. – старший викладач кафедри суднових енергетичних установок і систем Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія»;

Дерев'ягіна Н.І. – кандидат технічних наук, доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

Дітрих І.В. – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанної справи факультету готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Національного університету харчових технологій;

Домашенко Г.Т. – кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії, картографії і кадастру Уманського національного університету садівництва;

Дроменко О.Б. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології м'яса Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Дубініна А.А. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри товарознавства та експертизи товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Елаллак Д.М. – аспірант кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії Національного транспортного університету;

Сфімова В.Г. – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Жук М.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Транспортні технології» Національного університету «Львівська політехніка»;

Загриценко А.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

Залюбовський М.Г. – кандидат технічних наук, доцент кафедри автотранспорту Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»;

Зволинська В.В. – магістр Київського університету культури;

Земліна Ю.В. – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Іванченко А.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин Дніпровського державного технічного університету;

Льченко С.А. – магістр Дніпровського державного технічного університету;

Інжиянц А.Т. – аспірант кафедри технології м'яса Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Карплюк Є. С. – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Кобець О.С. – кандидат технічних наук, асистент кафедри готельно-ресторанної справи Національного університету харчових технологій;

Кобзєв О.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

Кондратюк Н.В. – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеса Гончара;

Корецька І.Л. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції Національного університету харчових технологій;

Косенко В.А. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автотранспорту Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»;

Кравчук Н.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції Національного університету харчових технологій;

Крисенко Т.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Курило В.А. – завідувач групи відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання» Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України;

Ларичева Л.П. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин Дніпровського державного технічного університету;

Левківська Л.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики Національного транспортного університету;

Летуга Т.М. – кандидат технічних наук, професор, професор товарознавства та експертизи товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Лещенко І.А. – аспірант Уманського національного університету садівництва;

Лобойко В.О. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації технологічних систем та екологічного моніторингу Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

Любич В.В. – доктор сільськогосподарських наук, доцент Уманського національного університету садівництва;

Люльчик В.О. – кандидат сільськогосподарських наук, викладач ВСП «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»;

Мазурок Д.М. – магістрант Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Малецький М.В. – студент 4-го курсу кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Малишев В.В. – доктор технічних наук, професор, директор Інженерно-технологічного інституту Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»;

Мельник О.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри плодівництва і виноградарства Уманського національного університету садівництва;

Мельников К.А. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Міхно П.Б. – кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського;

Надточій А.А. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теорії металургійних процесів та хімії Національної металургійної академії України;

Наливайко А.В. – студентка 3-го курсу кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Науменко Н.В. – професор кафедри іноземних мов професійного спрямування Національного університету харчових технологій;

Неміріч О.В. – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції факультету готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Національного університету харчових технологій;

Новіков В.В. – кандидат технічних наук, старший викладач Уманського національного університету садівництва;

Новікова В.В. – асистент кафедри товарознавства та експертизи товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Ободянська О.І. – кандидат технічних наук, старший викладач Вінницького національного технічного університету;

Олесків Р.Є. – кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії та землеустрою Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу;

Олійник Н.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Пасс О.В. – аспірант кафедри хімічної технології неорганічних речовин Дніпровського державного технічного університету;

Петрик В.Ф. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри приладів та систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Петрова О.М. – викладач ВСП «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»;

Пилипенко О.І. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної електрохімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

Пилипенко Т.М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Півторак Г.В. – асистент кафедри «Транспортні технології» Національного університету «Львівська політехніка»;

Повшенко О.А. – науковий магістрант кафедри приладів та систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Польовик В.В. – асистент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції Національного університету харчових технологій;

Потапенко О.О. – магістр Київського університету культури;

Предун К.М. – кандидат технічних наук, професор Київського національного університету будівництва і архітектури;

Приходько К.О. – викладач кафедри готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв;

Протасов А.Г. – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри приладів та систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Радько І.С. – магістрант кафедри готельно-ресторанної справи Національного університету харчових технологій;

Романовська О.Р. – старший викладач кафедри гуманітарних дисциплін Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія»;

Рудоман Ю.А. – інженер 2 категорії відділу землевпорядного проектування ДП «Кропивницький інститут землеустрою»;

Русіна Н.Г. – кандидат педагогічних наук, викладач ВСП «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»;

Серий К.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри приладів та систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Сидорець В.М. – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу «Фізика газового розряду і техніки плазми» Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України;

Сілевич В.Ю. – кандидат технічних наук, асистент кафедри автомобілів і транспортної інфраструктури Національного аерокосмічного університету імені М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»;

Сімахіна Г.О. – професор, завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів Національного університету харчових технологій;

Сінческул О.Л. – кандидат технічних наук, доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

Сіора О.В. – науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання» Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України;

Скульська І.В. – кандидат технічних наук, асистент кафедри технології молока і молочних продуктів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Соцков В.О. – кандидат технічних наук, докторант кафедри підземної розробки родовищ Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

Степова О.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної екології і природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка;

Супруненко К.Є. – асистент кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеса Гончара;

Сучек О.М. – провідний інженер відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання» Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України;

Таланюк В.В. – аспірант Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України, 80 відділ;

Тірон-Воробйова Н.Б. – кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнонаукових дисциплін Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія»;

Товажнянський Л.Л. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів і апаратів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

Трапезон К.О. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри звукотехніки та реєстрації інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Трапезон О.Г. – доктор технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка;

Турчин І.М. – кандидат технічних наук, доцент Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Устименко І.М. – кандидат технічних наук, асистент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції факультету готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Національного університету харчових технологій;

Франчук Ю.Й. – асистент Київського національного університету будівництва і архітектури;

Хаврук В.О. – асистент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу Національного транспортного університету;

Худік Л.М. – викладач кафедри агроінженерії Уманського національного університету садівництва;

Цісарик О.Й. – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри технології молока і молочних продуктів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Черепашук Л.А. – кандидат технічних наук, асистент кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Черненко Я.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин Дніпровського державного технічного університету;

Шадрін А.О. – кандидат технічних наук, Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України;

Шапарець М.С. – студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Шахнін Д.Б. – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри сучасної інженерії та нанотехнологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»;

Шелягін В.Д. – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання» Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України;

Шлапак Г.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології м'яса, риби і морепродуктів Одеської національної академії харчових технологій;

Шуба І.В. – науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання» Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України;

Юрженко М.В. – кандидат фізико-математичних наук, Інститут електрозварювання імені Є.О. Патона Національної академії наук України;

Юрченко С.О. – магістрант кафедри технології жирів, хімічних технологій харчових добавок і косметичних засобів Національного університету харчових технологій;

Яненко М.В. – аспірант кафедри інженерної електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Янчева М.О. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології м'яса Харківського державного університету харчування та торгівлі.

Науковий журнал

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

Серія: Технічні науки

Том 30 (69) № 6 2019

Частина 2

Коректура • *Н. Пирог*

Комп'ютерна верстка • *Н. Кузнєцова*

Адреса редакції:

Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського

м. Київ, вул. Івана Кудрі, 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. 22,24. Ум.-друк. арк. 29,3. Зам. № 0120/08

Підписано до друку 24.12.2019. Наклад 150 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»

73021, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а

Телефон +38 (0552) 399 580,

+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.