

**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 29 (68) № 5 2018

Частина 3

**Київ
2018**

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;

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

Дубко Валерій Олексійович – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри автоматизованого управління технологічними процесами Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

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 автоматизованого управління технологічними процесами Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

Кузьменко Борис Володимирович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизованого управління технологічними процесами 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;

Чумаченко Сергій Миколайович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри автоматизованого управління технологічними процесами Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

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 № 3 від 08.11.2018 року)**

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

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

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

ЗМІСТ

ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Болгова Н.В., Байдак М.О., Приходько В.П. ЗБАГАЧЕННЯ М'ЯКОГО СИРУ ЙОДОМ ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ ЛАМІНАРІЇ.....	1
Болгова Н.В., Байдак М.О. ЛАМІНАРІЯ У ВИРОБНИЦТВІ ПЛАВЛЕНИХ СИРІВ.....	5
Валевська Л.О., Дзюба Н.А., Землякова О.В., Євдокимова Г.Й. КВАЛІМЕТРИЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ КЕКСУ З ВИКОРИСТАННЯМ БІЛОКВМІСНОЇ СИРОВИНИ.....	9
Земліна Ю.В., Антоненко А.В., Грищенко І.М., Криворучко М.Ю., Приходько К.О., Нестеренко І.В. ТЕХНОЛОГІЯ БУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СОЧЕВИЦІ.....	14
Кондратюк Н.В., Степанова Т.М., Толошний Д.В., Поливанов Є.А. ГЕЛІ ХАРЧОВІ ПЛІВКОУТВОРЮЮЧІ НА ОСНОВІ УРОНАТНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ У ВИРОБНИЦТВІ СУМШЕЙ ДЛЯ ІН'ЄКТУВАННЯ М'ЯСОПРОДУКТІВ.....	20
Кравченко М.Ф., Кублінська І.А. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЕМУЛЬСІЙНОГО СОУСУ ГРИБНОГО	26
Крамаренко Д.П., Гіренко Н.І., Ревякіна О.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ І БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ НОВОГО КОМБІНОВАНОГО ФАРШУ З М'ЯСОМ ТА РОСЛИННИМИ ГІДРОБІОНТАМИ.....	33
Маринін А.І., Прохоренко Ж.І., Мартиненко Т.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ЕГО НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ, СОКОСТРУЖКОВОЇ СУМІШІ	38
Одарченко А.М., Соколова Є.Б., Василюк К.К. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗАМОРОЖЕНОГО НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ СМУЗИ.....	42
Трубінова А.А., Чабанова О.Б., Шарахматова Т.Є., Бондар С.М. ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ЗБЕРІГАННЯ НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО МОРОЗИВА	47

ТРАНСПОРТ

Павлов Г.О., Кулагін Д.О. АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІДВАЛЬНОЇ ОРАНКИ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ТРАКТОРАМИ РІЗНОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	54
Соломаха А.С., Сірий О.А., Петренко В.Г., Голик А.В., Чирка Т.В. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ У ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....	62

БУДІВНИЦТВО

Арсеньєва Н.О. АНАЛІЗ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ ПОКРИТТЯ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВАХ.....	68
Зуєвська Н.В., Вапнічна В.В., Шайдецька Л.В. КОНЦЕПЦІЯ ГЕОМОНІТОРИНГУ ТА 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ПІДРОБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ МЕГАПОЛІСУ.....	73

Ковалев В.В., Седин В.Л., Нечепуренко Д.С. РЕОРГАНИЗАЦИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: СТАНДАРТЫ, ПОДХОДЫ И ТЕНДЕНЦИИ.....	77
Кропачев Р.В., Ахтямова Э.Р., Мухаметзянова З.Р., Зиганшин Р.Т., Дибиров А.К. ПОВЫШЕНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ.....	83
Найдынова В.Є. ОГЛЯД МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ ДОВАНТАЖУВАЛЬНИХ СИЛ ТЕРТЯ ҐРУНТУ, ЩО ДІЮТЬ ПО БІЧНІЙ ПОВЕРХНІ БУРОВИХ ПАЛЬ.....	88
Саркисян Г.С., Ряпухин В.Н. ВЛИЯНИЕ РОВНОСТИ ПОКРЫТИЙ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ПАРАМЕТРЫ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА.....	93
Сторожук Н.А., Павленко Т.М., Аббасова А.Р. ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ.....	98
ГЕОДЕЗІЯ	
Казаченко Л.М. ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПРОЦЕСІВ ЗСУВУ ҐРУНТУ.....	105
ЕЛЕКТРОНІКА	
Крилов А.В., Ямненко Ю.С. ЗАСТОСУВАННЯ БІБЛОТЕКИ MACHINE LEARNING ДЛЯ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ MICROGRID.....	111
Можаровський Д.О., Ямненко Ю.С. ПЕРВИННА ОБРОБКА ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ БІОТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ДАТЧИКА ПУЛЬСУ.....	116
Семенюк А.О., Скрипник Д.В. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ДАНИМИ В СИСТЕМІ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МЕХАНІЗМУ ХИТАННЯ КРИСТАЛІЗАТОРА.....	122
Терещенко Т.О., Хижняк Т.А., Лайкова Л.Г., Овсієнко М.Ю., Заруба Д.С. ВИЗНАЧЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЕЛЕМЕНТІВ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ.....	127
Удовиченко Є.Є., Попов А.О., Чайковський І.А. МУЛЬТИКЛАСОВА КЛАСИФІКАЦІЯ КАРТ РОЗПОДІЛУ ГУСТИНИ СТРУМУ У МІОКАРДІ.....	133
Яненко М.В., Попов А.О. ВИЗНАЧЕННЯ РУХУ ПАЛЬЦЯМИ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОКОРТИКОГРАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПАРАМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	138

CONTENTS

TECHNOLOGY OF FOOD PROCESSING AND CONSUMER GOODS INDUSTRY

Bolhova N.V., Baidak M.O., Prykhodko V.P.

SUGGESTION OF YOUNG BREED SALT ACCORDING
TO THE LAMINATING ACCOMMODATION.....1

Bolhova N.V., Baidak M.O.

LAMINARIA IN THE PRODUCTION OF PROCESSED CHEESE5

Valevskaya L.A., Dzyuba N.A., Zemlyakova E.V., Evdokimova G.J.

QUALIMETRIC ASSESSMENT OF QUALITY OF KEKSU
WITH USE OF COLLECTIVE RAW MATERIAL.....9

Zemlina U.V., Antonenko A.V., Grischenko I.M., Kryvoruchko M.U.,

Prykhodko K.O., Nesterenko I.V.

BAKERY TECHNOLOGY USING LENTILS14

Kondrayuk N.V., Stepanova T.M., Toloshnuy D.V., Polyvanov Ye.A.

FOOD FILM-FORMATED GELS ON THE BASIS OF URONATE POLYSACCHARIDES
IN PRODUCTION OF MIXTURES FOR INJECTION OF MEAT PRODUCTS.....20

Kravchenko M.F., Kublinska I.A.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES AND COMPLEX ASSESSMENT
OF THE QUALITY OF THE EMULSION MUSHROOM SAUCE26

Kramarenko D.P., Hirenko N.I., Revyakina O.O.

INVESTIGATION OF NUTRITIVE AND BIOLOGICAL VALUE
OF NEW COMBINED MINCED MEAT WITH MEAT MATERIALS AND PLANT HYDROBIONTS...33

Marynin A.I., Prokhorenko Zh.I., Martynenko T.A.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ITS REGIMES
ON THE QUALITATIVE INDICATORS OF A CONCENTRICLE MIXTURE38

Odarchenko A.M., Sokolova E.B., Vasylets K.K.

INVESTIGATION OF THE INDEX QUALITY OF FROZEN SEMIPRODUCT SMOOTHIE.....42

Trubnikova A.A., Chabanova O.B., Sharakhmatova T.Ye., Bondar S.M.

REGULATED REGIMES OF LIBRARY OF LOW-CLOCTOTIC FROZEN47

TRANSPORT

Pavlov G.O., Kulagin D.O.

ANALYSIS OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS
OF PLOWING LAND PLOTS OF TRACTORS OF VARIOUS CAPACITY54

Solomakha A.S., Siryy O.A., Petrenko V.G., Golyk A.V., Chyrka T.V.

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE USE OF LIQUEFIED GAS
IN THE INTERNAL COMBUSTION ENGINES62

CONSTRUCTION

Arsenieva N.O.

ANALYSIS ASPHALT CONCRETE PAVEMENT STRENGTH CHARACTERISTICS
AND PROPERTIES OF AT DIFFERENT TEMPERATURE CONDITIONS68

Zuievskaya N.V., Vapnichna V.V., Shaidetska L.V.

CONCEPT OF GEOMONITORING AND 3D MODELING
OF PROMOTIONAL WORKS IN THE MEGAPOLIS CONDITIONS.....73

Kovalov V.V., Sedin V.L., Nechepurenko D.S. REORGANIZATION OF URBAN ENVIRONMENT: STANDARDS, APPROACHES AND TRENDS	77
Kropachev R.V., Akhtiamova E.R., Mukhametzianova Z.R., Ziganshin R.T., Dibirov A.K. IMPROVING THE PROPERTIES OF CONCRETE FOR 3D PRINTING	83
Naydenova V.E. REVIEW OF THE METHOD OF DETERMINING OF NEGATIVE FRICTION FORCES OF SOIL ACTING ON THE LATERAL SURFACE OF THE DRILLING PILE.....	88
Sarkisian H.S., Riapukhin V.N. INFLUENCE OF NON-RIGID ROAD COATING COVERING SMOOTHNESS ON THE PARAMETERS OF THE TRAFFIC FLOW.....	93
Storozhuk M.A., Pavlenko T.M., Abbasova A.R. EFFECTIVE WAY OF USING ASH FROM THERMAL POWER PLANTS IN CONCRETE TECHNOLOGY	98

GEODESY

Kazacenko L.M. USE OF DATA OF Д33 FOR MONITORING OF PROCESSES OF LANDSLIDES OF SOIL	105
--	-----

ELECTRONICS

Krylov A.V., Yamnenko J.S. USAGE OF THE MACHINE LEARNING LIBRARY FOR THE DISTRIBUTED GENERATION OF MICROGRID	111
Mozharovskiy D.O., Yamnenko Yu.S. PRIMARY PROCESSING AND IDENTIFICATION OF BIOMETRIC INFORMATION FROM THE HEART RATE MONITOR	116
Semeniuk A.O., Skrypnyk D.V. SPECIALTIES OF OPERATING WITH DATA IN A MOLD OSCILLATION MECHANISM TECHNICAL CONDITION DIAGNOSING SYSTEM.....	122
Tereshchenko T.O., Khyzhniak T.A., Laikova L.G., Ovsienko M.Yu., Zaruba D.S. DEFINING MALFUNCTIONS OF SEMICONDUCTOR CONVERTERS' ELEMENTS	127
Udovychenko Ye.Ye., Popov A.O., Chaikovskiy I.A. MULTICLASS CLASSIFICATION OF CURRENT DENSITY DISTRIBUTION MAPS.....	133
Yanenko M.V., Popov A.O. FINGERS MOTION DETECTION BASED ON ELECTROCORIOGRAM USING A PARAMETRIC MODEL	138

ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 637.03

Болгова Н.В.

Сумський національний аграрний університет

Байдак М.О.

Сумський національний аграрний університет

Приходько В.П.

Сумський національний аграрний університет

ЗБАГАЧЕННЯ М'ЯКОГО СИРУ ЙОДОМ ЗА РАХУНОК ДОДАВАННЯ ЛАМІНАРІЇ

Статтю присвячено розробленню рецептури функціонального м'якого сиру без дозрівання з додаванням екстракту ламінарії виробництва ТОВ «НВК Віларус». Розроблено рецептуру, удосконалено технологію та проведено дослідження фізико-хімічних та органолептичних показників готового продукту. Показано, що під час додавання у рецептуру 3% екстракту ламінарії вихід продукту зменшився (порівняно з контрольним зразком) на 2 г. Установлено, що за умов збільшення відсотка екстракту ламінарії у рецептурі 3-го та 4-го зразків втрати склали 18 та 42 г відповідно. Масова частка вологи у досліджуваних зразках (порівняно з контролем) також була меншою. Так, порівняно з другим зразком різниця становила 1,2%, а з третім та четвертим 3,3 та 6,2%. відповідно Загалом, зміна фізико-хімічних показників не впливає негативно на продукт, усі значення знаходяться в межах, що відповідають вимогам ДСТУ 4395:2005. За результатами дегустаційної оцінки другий зразок сиру м'якого з екстрактом ламінарії отримав найбільш високі бали (96,1 бал). Дегустаційна комісія зазначила, що ламінарія надає продукту пікантний присмак та жовтуватий відтінок тіста. Проведені дослідження свідчать, що використання екстракту ламінарії у кількості 3% дозволяє отримати продукт функціонального призначення збагачений йодом та може бути рекомендований для виробництва підприємствами молочної промисловості.

Ключові слова: ламінарія, м'який сир, адигейський сир, йод, функціональний.

Постановка проблеми. Відомо, що харчування є одним із найважливіших факторів, що формують здоров'я людини. Результати досліджень свідчать про значні порушення в раціоні харчування населення України. Сюди відносять надмірне споживання тваринних жирів, нестачу повноцінних білків, поліненасичених жирних кислот, харчових волокон, дефіцит вітамінів (групи В, А і С), мінеральних речовин, особливо кальцію, заліза, селену, йоду. Вирішити зазначені проблеми харчування можливо шляхом розроблення технологій виробництва функціональних харчових продуктів [Потороко І.Ю та ін., 2018; Пилипенко Т.В., 2016].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. М'який сир, типу адигейського, традиційно виготовляється з овечого, а в сучасному виробництві –

коров'ячого молока. Завдяки тому, що його калорійність трохи нижча, ніж у твердих сирів (240 ккал на 100 г продукту), такий сир можна використовувати під час дієт. Крім того, він містить мінімум солі, велику кількість фосфору і кальцію, вітаміни групи В, А та D. До складу м'якого сиру входять такі мінеральні речовини: фосфор, натрій, калій, залізо, цинк, мідь. Крім того, він насичений амінокислотами (метіоніном, лізином, триптофаном, жирними кислотами, вуглеводами), тому він добре засвоюється і корисний для організму (як джерело незамінних амінокислот). До того ж такий сир досить простий і швидкий у виробництві [Бурцева Е.І., 2014].

Отже, м'який сир, типу адигейського, – це цінний молочний продукт, який містить низку незамінних амінокислот, вітамінів, мінералів та може

використовуватися як основа для виробництва функціонального продукту збагаченого йодом.

Загальна концепція здорового харчування направлена не лише на формування здоров'я, а й на його збереження. В основі цього лежить уведення в раціон людини спеціальних продуктів харчування, які і будуть позитивно впливати на організм. Високий інтерес та перспективу у виробництві функціональних харчових продуктів представляють бурі водорості родини ламінарієвих. Користь їх у тому, що вони містять низку мікронутрієнтів, ліпотропні речовин, харчові волокна, вітаміни групи В, йод та інших мікроелементів [Гержова Т.В., 2014].

Рід ламінарії (*Laminaria*) нараховує близько 30 видів, причому тільки 3 з них ростуть у південній півкулі: 2 – біля берегів Бразилії на великій глибині (70–80 м), 1 – у південних берегів Африки. Решта видів поширена у північній півкулі; більше всього видів ламінарій у Тихому океані [Битуева Э.Б. та ін., 2004]. Ламінарія, завдяки фотосинтезу, містить від 26 до 47% мінеральних речовин від загальної кількості сухих речовин (солі натрію, магнію, калію, заліза, марганцю, кобальту, сполуки сірки, фосфору, а також сполуки йоду у вигляді йодидів і йодорганічних з'єднань) [Орлова О.Ю. та ін., 2015].

Використання ламінарії у виробництві м'яких сирів у своїй роботі описала Л.Б. Коротишева та ін. [Коротишева Л.Б та ін., 2015]. Авторами розроблено рецептуру та технологію сиру розсільного «Осетинский». Запропоновано внесення ламінарії в молочну суміш безпосередньо перед сичужним згортанням у кількості 0,1%. Це дозволило збільшити вміст йоду в сирі в 3,75 рази, міді – в 1,59 рази, заліза – в 3,12 рази, а фосфору – на 4,0 мг / 100 г. [Коротишева Л.Б та ін., 2015].

Зараз розроблено низку технологій харчової продукції на основі морських водоростей та викладені теоретичні, методологічні та технологічні аспекти створення таких видів харчової продукції [Аравина К.И. та ін., 2016; Буряченко Л.Ю. та ін., 2016; Свиридова Т.В. та ін., 2016; Охотников С.И., 2017].

Уважаємо, що розроблення технології виробництва функціонального молочного продукту з використанням нетрадиційної сировини, направленою на вирішення проблеми йододефіциту, є досить актуальною темою [Гержова Т.В., 2014].

Постановка завдання. Метою роботи є розробка рецептури м'якого сиру без дозрівання з додаванням ламінарії.

Матеріали і методи досліджень. Матеріалами дослідження були такі: м'який сир та екстракт

сухий харчовий ламінарії виробництва ТОВ «НБК Віларус». Сухий екстракт ламінарії є натуральним порошком, отриманим із висушених сланей ламінарії з використанням механічного оброблення без застосування хімічних реагентів.

Під час виконання роботи були використані стандартні, загальноприйняті методи досліджень.

Відбір проб і пробопідготовку проводили відповідно до ДСТУ 4834:2007 (ДСТУ 4834:2007, 2008).

Кислотність сироватки визначали титриметричним методом, вміст вологи в сирі – методом висушування в сушильній шафі.

Для дослідження нами обрано чотири зразки м'якого сиру з різним відсотком ламінарії: 1-й – контрольний, 2-й – 3% ламінарії, 3-й – 5% і 4-й – 10% ламінарії.

Виклад основного матеріалу досліджень. Технологічна схема виробництва м'якого сиру з ламінарією складається з таких операцій: підготовка 3% екстракту ламінарії ТОВ «НБК Віларус» шляхом унесення її в молоко за температури 40°C та перемішування до однорідності; доведення суміші до температури 92–95°C; згортання згустку розчином лимонної кислоти за температури 92–95°C 7-10 хв.; видалення сироватки; формування; самопресування; просоловання; обсушування; охолодження до температури 4±2°C; реалізація.

Результати аналізу фізико-хімічних показників досліджуваних зразків представлено в таблиці 1.

Як видно з результатів, представлених у таблиці, під час збільшення відсотку порошку ламінарії зменшується вихід сиру. У порівнянні з першим зразком найменше втрат спостерігаємо у зразку № 2, лише на 2 г. Два наступні зразки характеризуються більшими втратами (на 18 та 42 г відповідно). Це пояснюється збільшенням кислотності підготовленої суміші в процесі коагуляції. Схожий результат спостерігав у своїй роботі і Н.М. Сурай та ін. [Сурай Н.М. та ін., 2011]. Вихід продукту пропорційно збільшувався з підвищенням активної кислотності, але це тривало до певного значення, а далі спостерігалось зменшення виходу продукту [Сурай Н.М. та ін., 2011].

Масова частка вологи 2-го зразка (порівняно з контрольним) була дещо нижча на 1,2%. Більш висока різниця була зі зразком № 3 та № 4 (3,3 та 6,2% відповідно).

Таким чином, унесення ламінарії під час виробництва м'яких сирів без дозрівання дещо змінює фізико-хімічні показники, але не впливає негативно на продукт в цілому; всі значення знаходяться в межах, що відповідають вимогам ДСТУ 4395:2005 [ДСТУ 4395:2005, 2006].

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники досліджуваних зразків, $M \pm m$

Показник	Зразок			
	1	2	3	4
Вихід сиру, г	192±0,5	190±0,3	180±0,6	150±0,6
Масова частка вологи, %	59,4±0,3	58,2±0,4	56,1±0,3	53,2±0,5
Кислотність сироватки, °T	10,0±0,1	20,2±0,1	20,5±0,1	20,7±0,1

Таблиця 2

Результати дегустаційної оцінки досліджуваних зразків, $M \pm m$

Показник	Гранична кількість балів	Зразок			
		1	2	3	4
Смак і запах	45	42,6±0,3	42,8±0,2	39,0±0,3	23,3±0,4
Консистенція	25	24,1±0,1	24,2±0,1	19,6±0,3	17,8±0,2
Малюнок	10	9,3±0,2	9,6±0,3	7,0±0,3	5,6±0,2
Колір тіста	10	9,9±0,1	9,9±0,1	8,3±0,3	7,6±0,3
Зовнішній вигляд	10	9,6±0,1	9,6±0,3	6,0±0,4	3,6±0,4

Дегустаційну оцінку зразків м'якого сиру проведено 10 дегустаторами та представлено в таблиці 2. Для оцінки нами обрано 100-бальну шкалу. За максимальною кількістю балів оцінювали смак і запах – 45. У 25 балів оцінювали консистенцію, а за малюнок, колір тіста та зовнішній вигляд – по 10.

Унесення ламінарії в м'який сир досліджуваних зразків 3 та 4 дещо знизило органолептичні показники. Високу дегустаційну оцінку отримав зразок № 2. За показниками смаку, запаху та консистенції, другий зразок отримав найвищі показники (порівняно з іншими). Оцінка кольору та зовнішнього вигляду у зразках № 1 та № 2 були на одному рівні, а інші два зразки значно поступалися.

Отже, аналізуючи представлені результати дегустаційної оцінки, слід зазначити, що зразок № 2 має найбільш високі бали (порівняно зі зразком № 3 та № 4). Таким чином, унесена у м'який сир ламінарія надає продукту пікантного присмаку та зеленуватого відтінку тіста.

Висновки. У результаті проведених досліджень дійшли висновку, що під час виробництва м'якого сиру з екстрактом ламінарії оптимальним є зразок № 3. Він мав позитивний і схвальний результат як за органолептичними показниками, так і за фізико-хімічними. Використання екстракту ламінарії у кількості 3% дозволяє отримати продукт функціонального призначення збагачений йодом.

Список літератури:

1. Потороко И.Ю., Паймулина А.В., Ускова Д.Г., Калинина И.В. Научные и практические аспекты технологий продуктов питания функциональной направленности. Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2018. Т 6. № 1. С. 49–59.
2. Пилипенко Т.В. Использование сырья растительного происхождения при создании продуктов питания с функциональными свойствами. Научный альманах. 2016. № 7–1 (21). С. 427–429.
3. Бурцева Е.И. Разработка технологии печеночно-растительной кулинарной продукции функционального назначения: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.15. Орел, 2014. 149 с.
4. Гержова Т.В. Разработка технологии специализированной пищевой продукции из ламинарии для питания детей в организованных коллективах: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Москва, 2014. 181с.
5. Битуева Э.Б., Капустина Ю.А., Жамсаранова С.Д. Восстановление микроэлементарного баланса организма на примере восполнения йодной недостаточности. Фундаментальные исследования. 2004. № 3. С. 96.
6. Орлова О.Ю., Пилипенко Т.В., Нилова Л.П., Никулина М.В. Традиционные и перспективные растительные источники йода для обогащения пищевых продуктов. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 4. С. 26–34.
7. Коротышева Л.Б., Пилипенко Т.В., Дмитриченко М.И. Разработка и исследование качества рассольного сыра «осетинский» с ламинарией. Техничко-технологические проблемы сервиса. 2015. № 2(32). С. 37–40.

8. Аравина К.И., Арсеньева Т.П. Разработка состава и технологии мягкого сырного продукта с использованием высокобелковой муки амаранта. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2016. № 4. С. 17–25.

9. Буряченко Л.Ю., Лебединец В.Т. Використання морських водоростей в якості біологічно цінної добавки. Товарознавчий вісник. 2016. Вип. 9. С. 101–106.

10. Свиридова Т.В., Орловцева О.А., Юсупова К.Р. Исследование органолептических, физико-химических и микробиологических показателей обогащенного творога. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. №1. С. 186–190.

11. Охотников С.И. Обогащение йодом термокислотных сыров посредством введения в их состав ламинарии. Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017. Т. 3. № 2 (10). С. 39–43.

12. ДСТУ 4834:2007 (2008). Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролювання. Київ

13. Сурай Н.М., Майоров А.А., Гетманец В.Н. Влияние температуры и величины активной кислотности на выход сырной массы из сыворотки. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (78). С. 93–95.

14. ДСТУ 4395:2005 (2006). Сири м'які. Київ.

ОБОГАЩЕНИЕ МЯГКОГО СЫРА ЙОДОМ ЗА СЧЕТ ДОБАВЛЕНИЯ ЛАМИНАРИИ

Статья посвящена разработке рецептуры функционального мягкого сыра без созревания с добавлением экстракта ламинарии производства ООО «НИК Виларус». Разработанная рецептура, усовершенствована технология и проведено исследование физико-химических и органолептических показателей готового продукта. Показано, что при добавлении в рецептуру 3% экстракта ламинарии выход продукта уменьшился на 2 г (по сравнению с контрольным образцом). Установлено, что при увеличении процента экстракта ламинарии в рецептуре 3-го и 4-го образцов потери составили соответственно 18 и 42 г. Массовая доля влаги в исследуемых образцах, по сравнению с контролем, также была меньше. Так, по сравнению со вторым образцом разница составляла 1,2%, а с третьим и четвертым, соответственно, 3,3 и 6,2%. В общем, изменение физико-химических показателей не влияет отрицательно на продукт в целом, все значения находятся в пределах, соответствующих требованиям ДСТУ 4395:2005. По результатам дегустационной оценки второй образец сыра мягкого с экстрактом ламинарии получил наиболее высокие баллы (96,1 балла). Дегустационная комиссия отметила, что ламинария придает продукту пикантный привкус и желтоватый оттенок теста. Проведенные исследования показывают, что использование экстракта ламинарии в количестве 3%, позволяет получить продукт функционального назначения обогащенный йодом, и может быть рекомендован для производства предприятиями молочной промышленности.

Ключевые слова: ламинария, мягкий сыр, адыгейский сыр, йод, функциональный.

SUGGESTION OF YOUNG BREED SALT ACCORDING TO THE LAMINATING ACCOMMODATION

The article is devoted to the development of a formulation of functional soft cheese without maturation with the addition of a laminaria extract produced by NVK Vilarus LLC. The formulation has been developed, technology has been improved and research on physicochemical and organoleptic parameters of the finished product has been carried out. It was shown that when 3% of the laminaria extract was added to the recipe, the yield of the product decreased, compared to the control sample, by 2 g. It was found that with an increase in the percentage of laminaria extract in the formulation of the 3rd and 4th samples, the losses were 18 and 42 g respectively. The mass fraction of moisture in the samples studied was also smaller in comparison with the control. Thus, in comparison with the second sample, the difference was 1.2%, and with the third and fourth, respectively, 3.3 and 6.2%. In general, the change in physical and chemical parameters does not adversely affect the product as a whole, all values are within the limits of the requirements of DSTU 4395: 2005. According to the results of the tasting evaluation, the second sample of soft cheese with the extract of laminaria received the highest marks (96.1 points). The tasting board noted that laminaria gives the product a savory flavor and a yellowish tint of dough. The conducted researches indicate that the use of the laminaria extract in the amount of 3% allows the product of functional use enriched with iodine to be obtained and may be recommended for the production of dairy enterprises.

Key words: laminaria, soft cheese, Adyghe cheese, iodine, functional.

УДК 637.03

Болгова Н.В.

Сумський національний аграрний університет

Байдак М.О.

Сумський національний аграрний університет

ЛАМІНАРІЯ У ВИРОБНИЦТВІ ПЛАВЛЕНИХ СИРІВ

Доведено перспективність розроблення рецептури плавленого сиру з екстрактом ламінарії. Висвітлено проблемні питання дефіциту йоду та шляхи вирішення даного завдання. На підставі експериментальних досліджень і технологічних випробувань визначено оптимальні параметри функціонального продукту. Структурно-механічні показники досліджуваних зразків продукту характеризувалися незначними змінами. Оптимальні значення мали другий та третій зразки. Аналізуючи отримані результати органолептичної оцінки, слід зазначити, що зразки під номерами 2 і 3 характеризуються більш високими значеннями (порівняно з першим та четвертим). На підставі проведених досліджень встановлено, що 3–5% екстракту ламінарії у рецептурі плавленого сиру є оптимальною кількістю та дозволить отримати продукт функціонального призначення.

Ключові слова: плавлений сир, ламінарія, йод, функціональний, йододефіцит.

Постановка проблеми. Сьогодні у зв'язку з популяризацією здорового харчування спостерігається тенденція до збільшення обсягів і розширення асортименту функціональних молочних продуктів, збагачених рослинною сировиною. Харчування стає основою здоров'я людини та визначає взаємозв'язок із навколишнім середовищем.

Глобальне забруднення навколишнього середовища призвело до різкого погіршення натуральних властивостей багатьох продуктів харчування, деякі з них стали шкідливими і небезпечними. Таким чином, перспективним напрямом є розроблення і реалізація продуктів функціонального, лікувального і профілактичного напрямів.

У суспільстві гостро стала проблема недостатності таких мінеральних речовин, як йод і кальцій [Черняев С.И. та ін., 2000].

Саме недостатня кількість йоду в навколишньому середовищі стала однією з причин появи захворювань щитовидної залози, що є найбільш поширеною ендокринною патологією у дітей та дорослих [Паска М.З. та ін., 2014]. В умовах дефіциту йоду, за даними ВООЗ (WHO Global Database on Iodine Deficiency, 2007), проживає біля 2 млрд. людей. Це призводить до появи пухлин щитовидної залози, гіпотиреозу, ожиріння та інших гормональних порушень [Платонова Н.М., 2015; Свиридонова М.А., 2014; Трошина Е.А., 2016; Козак Х.І. та ін., 2015].

Проблему дефіциту йоду в раціоні українців можливо вирішити шляхом використання морських водоростей і функціональних добавок із

них. Йод у водоростях знаходиться у вигляді йодорганічних речовин, засвоюваність яких відбувається краще, порівняно з неорганічним йодом. Найбільш перспективні для використання у раціоні людини виявилися водорості цистозіра чорноморська, фукус та ламінарія [Крижова Ю.П. та ін., 2010]. Ламінарія – типовий представник бурих водоростей. Вона впливає на обмін речовин, щитовидної залози, баланс мінералів та ін. Це натуральний, збалансований комплекс, який створила сама природа. Містить більше 40 макро- та мікроелементів, зокрема йод в органічно зв'язаній формі [Пішак В.П. та ін., 2006].

Саме тому ламінарію слід розглядати як найбільш перспективну сировину для отримання продукту, збагаченого йодом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Плавлені сири мають велике різноманіття видів, проте асортимент продовжує збільшуватись і розвиватись задля того, щоб цим продуктом могли полатувати різні групи населення. Особливої популярності здобули плавлені сири функціонального призначення для дієтичного та дитячого харчування, для військових. Аналізуючи ситуацію, було виявлено, що плавлений сир є джерелом засвоюваних жирів. Порівняно з твердими сирами плавлені майже не містять холестерин. Це відіграє важливу роль для людей у віці, а також для тих, хто страждає серцево-судинними захворюваннями [Кочесокова Л.Ю., 2013].

Аналізуючи літературні джерела, ми дійшли висновку, що сьогодні існує низка окремих технологій продуктів харчування, збагачених йодом.

І.В. Солоницька розробила технологію приготування хлібобулочних виробів із заморожених пшеничних напівфабрикатів із використанням сушеної ламінарії та сироватки [Солоницька І.В. та ін., 2011]. Це дозволило отримати продукт, що за своїм складом збагачений на повноцінний білок та йод. Л.А. Минкоїлова та О.Я. Мезенова розробили технологію виробництва напою з ламінарією та схему виробництва самої йодної добавки [Минкоїлова Л.А. та ін., 2018]. Згідно з цими даними, раціональним за органолептичними та фізико-хімічними показниками є купаж, у якому вміст СВ становить 60–65%. І.М. Калугіна, А.В. Ненова розробили технологію виробництва смузі з водовмісною добавкою [Калугіна І.М. та ін., 2014]. У розроблену рецептуру увійшли молоко, фейхоа та мед. Такий продукт, на думку авторів, не лише дозволить розширити асортимент смузі, а й допоможе у вирішенні дефіциту йоду в населення України. Л.В. Голубева та співавтори пропонують як йодовмісну добавку використовувати плоди фейхоа та продукти переробки [Голубева Л.В. та ін., 2015], відмінною особливістю якого є високий вміст водорозчинних сполук йоду. Розроблено технологію виробництва і рецептури сиркового виробу з використанням сухого порошку шкірки фейхоа. Л.Ю. Буряченко та В.Т. Лебединец у своїй роботі довели, що використання сухої ламінарії у відвареному вигляді під час виробництва овочевих салатів і маринадів є обґрунтованим і дозволяє компенсувати нестачу в організмі людини біологічно цінних мікронутрієнтів, необхідних для профілактики йододефіцитних станів та забезпечення нормальної функції щитоподібної залози [Буряченко Л.Ю. та ін., 2016].

У їжу вживають не менше 100 видів водоростей як у Європі, Америці, особливо, на Сході. Із них готують страв для широкого вжитку, дієтичні, салати та приправи. Тому доцільно розглядати водорості як функціональний інгредієнт, який може збагачувати традиційні продукти харчування [Паска М.З. та ін., 2014].

Таким чином, розроблення функціональних продуктів з підвищеною біологічною цінністю (за рахунок використання нетрадиційної сировини) є найбільш ефективним шляхом вирішення проблеми насичення організму необхідними білком, амінокислотами, макро- та мікроелементами. При цьому невичерпним джерелом для розширення асортименту продуктів функціонального харчування є рослинна сировина.

Ми вважаємо, що натеper така проблема, як йододефіцит, є актуальною, а також створення

молочного продукту з використанням нетрадиційної сировини є цікавою й актуальною темою.

Ураховуючи актуальність теми, можна зробити висновок, що створення плавленого сиру з додаванням ламінарії, для збагачення йодом і профілактики йододефіцитних захворювань, є своєчасним і доцільним напрямом у технології, оскільки у ламінарії міститься велика кількість йоду, а плавлений сир можна поєднувати з багатьма видами сировини.

Постановка завдання. Метою статті є розширення асортименту продуктів функціонального призначення шляхом збагачення плавленого сиру екстрактом ламінарії.

Матеріали і методи досліджень. Матеріалами дослідження були такі: плавлений сир та сухий харчовий екстракт ламінарії виробництва ТОВ «НВК Віларус». Сухий екстракт ламінарії є натуральним порошком, отриманий із висушених славної ламінарії з використанням механічного оброблення без застосування хімічних реагентів.

Під час виконання роботи були використані стандартні, загальноприйняті методи досліджень.

Відбір проб і пробопідготовку проводили відповідно до ДСТУ 4834:2007 [ДСТУ 4834:2007, 2008].

Масову частку вологи визначали на апараті Чижової, реологічні показники на пенетрометрі “Labor” та еластопластометрі Толстого.

Для дослідження нами обрано чотири зразки плавленого сиру з різним відсотком ламінарії: 1-й – контрольний, 2-й – 3% ламінарії, 3-й – 5% і 4-й – 10% ламінарії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Технологічна схема виробництва плавленого сиру з ламінарією складається з таких операцій: підготовка суміші до плавлення (сир кисломолочний подрібнюємо, додаємо яйце, соду, сіль, екстракт ламінарії ТОВ «НВК Віларус», підтоплене масло); плавлення суміші ($t=50-60^{\circ}\text{C}$, 5-7 хв.); пакування, охолодження до $t=4\pm 2^{\circ}\text{C}$, зберігання, реалізація.

Знання реологічних характеристик плавлених сирів дає можливість визначати якість виробленого продукту і зробити висновок про його готовність. Плавлені сири належать до структурованих дисперсних систем. У процесі теплової та механічної обробки плавлених сирів нерідко відбувається утворення або руйнування дисперсних систем, у результаті чого структурно-механічні властивості продуктів зазнають значних змін, які істотно впливають на перебіг технологічних процесів (табл. 1).

Аналізуючи отримані структурно-механічні показники досліджуваних зразків плавленого сиру, слід звернути увагу на те, що рослинний

Таблиця 1

Структурно-механічні показники, $M \pm m$

Показник	Зразок			
	1	2	3	4
Вологість, %	61,0 \pm 2,3	56,8 \pm 2,2	54,7 \pm 2,7	54,3 \pm 2,9
Пенетрація, од. пентр.	120,0 \pm 12	135,2 \pm 11	138,8 \pm 14	220,0 \pm 18
Пластометрія, мм	0,22 \pm 0,11	0,53 \pm 0,10	0,69 \pm 0,12	1,74 \pm 0,15

Таблиця 2

Органолептична оцінка досліджуваних зразків, $M \pm m$

Показник	Зразок			
	1	2	3	4
Смак і запах	14,4 \pm 0,3	14,8 \pm 0,2	14,6 \pm 0,2	13,9 \pm 0,2
Консистенція	7,9 \pm 0,1	8,5 \pm 0,2	8,1 \pm 0,2	7,5 \pm 0,3
Колір тіста	2,5 \pm 0,1	2,8 \pm 0,1	2,4 \pm 0,2	2,4 \pm 0,2
Зовнішній вигляд	2,8 \pm 0,1	2,8 \pm 0,1	2,8 \pm 0,1	2,6 \pm 0,2

компонент у рецептурі дещо зменшує вологість готового продукту. Порівняно з контрольним зразком різниця становить від 4,2 до 6,7%. Отримані експериментальні дані показника пенетрації свідчать про те, що він збільшується пропорційно збільшенню відсотку ламінарії. Порівняно із контрольним зразком різниця становить 6,3–87,5 од. відповідно. Спираючись на довідкову інформацію [Мачихин Ю.А., 1990], можемо зробити висновок, що зразки № 2 та № 3 оцінюються як м'які, мазкі. Зразок № 4 характеризується як більш пластичний. Показники миттєвої пластичної в'язкості дослідних зразків плавленого сиру також характеризуються збільшенням у рецептурі екстракту ламінарії на 0,31–1,52 мм. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що введений у рецептуру плавленого сиру екстракт ламінарії веде до незначних змін структури та консистенції, але в межах нормативної документації.

Структурно-механічні показники продукту безпосередньо впливають і на органолептичну оцінку продукту. У дегустаційній оцінці зразків плавленого сиру з ламінарією взяли участь десять дегустаторів. Для оцінки нами обрано 30-бальну шкалу. За максимальною кількістю балів оцінювали смак і запах – 15. У 9 балів оцінювали консистенцію, а за колір тіста та зовнішній вигляд –

по 3. Результати дегустаційної оцінки досліджуваних зразків представлено в таблиці 2.

Аналізуючи отримані результати органолептичної оцінки, слід зазначити, що зразки під номерами 2 і 3, отримали від дегустаційної комісії 28,9 та 27,5 балів. Четвертий зразок досліджуваного продукту отримав (порівняно зі зразком під номером 2) на 2,5 бали менше, а порівняно із третім – на 1,1 бали.

Отже, введення у рецептуру плавленого сиру екстракту ламінарії ТОВ «НВК Віларус» у кількості 3–5% дозволило отримати, за результатами органолептичної оцінки, більш високі результати. Унесена добавка рівномірно розподіляється по всій масі суміші, не чинить негативного впливу на смакові якості та консистенцію.

Висновки. Результати експериментальних даних свідчать про те, що розроблений плавлений сир з екстрактом ламінарії виробництва ТОВ «НВК Віларус» характеризується незначними змінами структурно-механічних та органолептичних показників. Ці зміни знаходяться в межах вимог нормативної документації. Оптимальною за всіма досліджуваними показниками вважаємо добавку екстракту ламінарії в кількості 3–5%. Усе вищеперераховане дає підставу віднести отриманий плавлений сир із ламінарією до продуктів функціонального призначення.

Список літератури:

1. Черняев С.И., Томчани О.В., Зевакин И.И. Йод + молоко = здоровье. Молочная промышленность. 2000. № 10. С. 33–34.
2. Паска М.З., Лескович О.В. Сучасні тенденції формування функціональних продуктів. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені Гжицького. 2014. Т. 16, № 3 (4). С. 137–147.

3. Платонова Н.М. Йодный дефицит: современное состояние проблемы. Клини. и эксперим. тиреоидология. 2015. Т. 11. № 1. С. 12–21. (In Russian)
4. Свиридонова М.А. Дефицит йода, формирование и развитие организма. 2014. Т. 10. № 1. С. 9–20.
5. Трошина Е.А. Современные аспекты профилактики и лечения йододефицитных заболеваний. Фокус на группы риска. Медицинский совет. 2016. № 3. С. 82–85.
6. Козак Х.І., Сенюк Л.В. Вплив дефіциту йоду на стан щитоподібної залози та роль медичної сестри у профілактиці захворювань, спричинених недостатністю даного елемента. Медсестринство: науково-практичний журнал. 2015. N 1. С. 9–11.
7. Крижова Ю.П., Антонюк М. М., Галенко О.О., Корзун В.Н. Удосконалення технології січених напівфабрикатів для профілактики йодо- та селенодефіциту. Мясной Бизнес. 2010. № 1. С. 30–37.
8. Пішак В.П., Радько М.М. Вплив харчування на здоров'я людини: підручник / за ред. Радька М.М. Чернівці: Книга-XXI., 2006. 500 с.
9. Кочесокова Л.Ю. Применение обогащенных йодом продуктов для решения проблем, связанных с йододефицитом в организме человека. V Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» 15 февраля – 31 марта 2013 года.
10. Солоницька І.В., Пшенишнюк Г.Ф. Обґрунтування апаратурно-технологічної схеми виробництва хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення із заморожених напівфабрикатів. Харчова наука і технологія. 2011. № 1. С. 23–25.
11. Минкоилова Л.А., Мезенова О.Я. Проблема йододефицитных заболеваний и пути ее решения применением напитка с ламинарией. Вестник молодежной науки. 2018. № 2 (14). С. 1–7.
12. Калугина И.М., Ненова А.В. Разработка технологии йодсодержащих смузи на основе фейхоа. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. 2014. Вип. 46 (2). С. 129–133.
13. Голубева Л.В., Долматова О.И., Бандура В.Ф. Творожные продукты функционального назначения. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 2. С. 98–102.
14. Буряченко Л.Ю., Лебединец В.Т. Використання морських водоростей в якості біологічно цінної добавки. Товарознавчий вісник. 2016. Вип. 9. С. 101–106.
15. ДСТУ 4834:2007 (2008). Молоко та молочні продукти. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролювання. Київ
16. Реометрия пищевого сырья и продуктов: справочник / под ред. Ю.А. Мачихина. Москва: Агропромиздат, 1990. 270 с.

ЛАМИНАРИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛАВЛЕННЫХ СЫРОВ

Доказана перспективність розробки рецептури плавленого сыра с екстрактом ламинарии. Освітлені проблемні питання дефіциту йода і шляхи рішення даної задачі. На основі експериментальних досліджень і технологічних випробувань визначені оптимальні параметри функціонального продукту. Структурно-механічні показники досліджуваних зразків продукту характеризувалися незначительними змінами. Оптимальні значення мали другий і третій зразки. Аналізуючи отримані результати органолептичної оцінки, слід відзначити, що зразки під номерами 2 і 3 характеризуються вищими значеннями порівняно з першим і четвертим. На основі проведених досліджень встановлено, що 3–5% екстракта ламинарии в рецептурі плавленого сыра являється оптимальною кількістю і дозволить отримати продукт функціонального призначення.

Ключевые слова: плавленый сыр, ламинария, йод, функциональный, йододефицит.

LAMINARIA IN THE PRODUCTION OF PROCESSED CHEESE

The prospects of developing a recipe for processed cheese with laminaria extract are proved. Problematic issues of iodine deficiency and ways to solve this problem are highlighted. On the basis of experimental studies and technological tests, optimal parameters of the functional product were determined. Structurally-mechanical portraits of the supplemented products were characterized by unfamiliar zminami. Optimal value of Mali is the other third of the censors. Analyzing the results of the organoleptic evaluation, it should be noted that the samples under the numbers 2 and 3 are characterized by higher values compared to the first and fourth ones. On the basis of the conducted researches, it was found that 3-5% of the laminaria extract in the cheese recipe is the optimum amount and will allow to obtain a product of functional purpose.

Key words: melting cheese, laminaria, iodine, functional, iodine-deficient.

УДК 664.664.4-021.465:664.664.4

Валевська Л.О.

Одеська національна академія харчових технологій

Дзюба Н.А.

Одеська національна академія харчових технологій

Землякова О.В.

Одеська національна академія харчових технологій

Євдокимова Г.Й.

Одеська національна академія харчових технологій

КВАЛІМЕТРИЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ КЕКСУ З ВИКОРИСТАННЯМ БІЛОКВІСНОЇ СИРОВИНИ

У статті наведений розрахунок конкурентоспроможності дослідного зразка кексу, який оцінювали за методикою моделювання. За результатами розрахунку показника конкурентоспроможності встановлено, що зразок кексу, збагачений білоквмісною сировиною, буде конкурентоспроможним на споживчому ринку України за рахунок поліпшення органолептичних показників і підвищення харчової та біологічної цінності.

Ключові слова: конкурентоспроможність, показники якості, кекс, білоквмісна сировина.

Постановка проблеми. Сучасні умови розвитку економіки й суспільства зумовлюють необхідність в оцінці конкурентоспроможності нових продуктів харчування. Конкурентоспроможною є продукція, яка користується попитом у великій кількості споживачів і має не менш високий рівень якості, ніж відомі аналоги, але відрізняється від останніх елементами інновацій у вигляді об'єктів інтелектуальної власності («ноу-хау», патентів та ін.) [1–3]. Така продукція забезпечує тривалість реалізації на ринку й отримання прибутку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конкурентоспроможність товару – це ступінь реального задоволення ним конкретної потреби порівняно з аналогічними товарами, представленими на ринку. Конкурентоспроможність товару є відносною величиною й виражає відмінність порівнюваних товарів-конкурентів за ступенем відповідності їх характеристик вимогам конкретного споживача на ринку [2].

Конкурентні переваги товару досягаються за рахунок виробництва насамперед нового затребуваного ринком товару чи на основі поєднання ефективного використання всіх ресурсів підприємства й зниження витрат виробництва із забезпеченням відносно низьких цін і високої якості товару, який користується попитом на ринку, вигідно відрізняється від аналогічних товарів-конкурентів, задовольняє конкретні потреби

покупця й забезпечує товаровиробнику стабільність в отриманні прибутку, а на цій основі – розширене відтворення засобів виробництва й робочої сили.

Фактори конкурентних переваг товару поділяються на зовнішні й внутрішні.

До зовнішніх факторів конкурентної переваги товару належать такі:

- рівні конкурентоспроможності країни, галузі, регіону, підприємства;
- сила конкуренції на ринку товарів;
- сила конкуренції на вході у виробничі системи серед постачальників сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, інформації;
- сила конкуренції серед товарозамінників;
- поява нових потреб;
- рівень організації виробництва, праці й управління в посередників і виробників товарів;
- активність контактних аудиторій (громадських організацій, товариств споживачів, засобів масової інформації).

До внутрішніх факторів конкурентної переваги товару належать такі:

- патентоспроможність (новизна) конструкції (структури, складу) товару;
- раціональність організаційної та виробничої структур підприємства;
- конкурентоспроможність персоналу підприємства;

- прогресивність технологічних процесів, обладнання й інформаційних технологій;
- рівень активізації інноваційно-інвестиційної діяльності на підприємстві;
- рівень системи управління (менеджменту);
- обґрунтованість місії підприємства з погляду орієнтації його на досягнення конкурентоспроможності товарів.

Основними факторами конкурентоспроможності товару є такі:

- ціна споживання товару, яка визначається сумою ціни продажів і витрат у споживача цього товару за весь нормативний термін його експлуатації;
- рівень якості товару (порівняно з товаром конкуруючих підприємств);
- співвідношення ціни споживання товару (повних витрат споживача з придбання та споживання товару протягом усього терміну його експлуатації) та якості товару;
- нецінові фактори (насамперед якість сервісного обслуговування товару);
- зведені параметричні індекси конкурентоспроможності товарів за їх технічними, економічними, збутовими й сервісними параметрами, які найбільше цікавлять покупця.

Постановка завдання. Метою статті є розрахунок конкурентоспроможності дослідного зразка кексу, збагаченого білоквмісною сировиною.

Виклад основного матеріалу дослідження. В Одеській національній академії харчових технологій було розроблено дослідний зразок кексу, збагачений білоквмісною сировиною.

Рецептура кексу з використанням білоквмісної сировини представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

Рецептура кексу з використанням білоквмісної сировини

Компоненти	Уміст компонентів, г
Сир кисломолочний знежирений	60
Кунжут	5
Цукор-пісок	5
Масло вершкове	10
Горіхи волоські	8
Сіль	1
Родзинки	7
Колагеновий препарат	10
Борошно пшеничне	40

Конкурентоспроможність кексу, збагаченого білоквмісною сировиною, оцінювали за методикою моделювання, яка включає показники якості

продуктів, інформацію щодо аналогів розроблених товарів, принцип використання інновацій [1; 2; 5–8].

Відповідно до цієї методики є шкала, яка враховує рівень якості, коефіцієнт вагомості, показники якості, характеристики рівня якості, виведення сумарного комплексного показника рівня якості й використання його для розрахунку перспективної конкурентоспроможності інноваційного товару, введення в формулу розрахунків значень для узгодження особливостей створюваних інноваційних товарів і аналогів із загальною умовною одиницею та складання електронної таблиці для оперативності підрахунків за допомогою комп'ютерної техніки.

Обов'язково під час розрахунку перспективної конкурентоспроможності кексу береться до уваги ціна та безпека продукту.

Формула конкурентоспроможності має такий вигляд:

$$K = B \frac{\sum m_i g_i}{C}$$

де $\sum m_i g_i$ – сумарний комплексний показник рівня якості, виражений у балах (m_i – коефіцієнт вагомості, g_i – показник якості властивостей i); C – ціна за одиницю продукції; B – безпечність продукту.

Безпечність продукту під час розрахунку конкурентоспроможності враховує наявність або відсутність у ньому шкідливих для організму людини харчових добавок. У результаті дріб множиться на 0 (продукт не є конкурентоспроможним) або на 1 (продукт має високу конкурентоспроможність).

Шкала оцінки за якістю враховує три рівні [1; 2]:

- хороша продукція (4 бали) – конкурентоспроможна продукція з найвищими значеннями;
- задовільна (3 бали) – продукція, яка може деякий час конкурувати з кращими зразками, але недовго;
- погана продукція (2 бали) – продукція, яка може бути конкурентоспроможною тільки найближчим часом, але не в майбутньому [9–11].

Оскільки споживач насамперед звертає увагу на органолептичні показники й харчову цінність, то цим критеріям конкурентоспроможності був присвоєний найбільший коефіцієнт вагомості (табл. 2).

Результати розрахунку конкурентоспроможності дослідного зразка кексу й контролю наведені в таблиці 3.

Висновки. Таким чином, дослідний зразок кексу, збагачений білоквмісною сировиною, буде конкурентоспроможним на споживчому ринку України за рахунок поліпшення органолептичних показників, підвищення вмісту білка, харчової клітковини, вітамінів і мінеральних речовин, наявності профілактичних властивостей, що є дуже важливим у дитячому й геродієтичному харчуванні.

Шкала оцінки конкурентоспроможності kekcy

Найменування показника	K _{вагом.}	Рівень якості, бали			Характеристика рівня якості		
		4	3	2	Добре (4)	Задовільно (3)	Незадовільно (2)
Органолептичні показники							
Колір	5	20	15	10	Від світло-золотистого до яскраво-золотого, без сторонніх вкраплень, чітко видні добавки з притаманним їм кольором	Світло-золотистий, без сторонніх вкраплень, чітко видно добавки	Наявність сторонніх вкраплень, не видно добавок
Смак	8	32	24	16	Приємний, солодкуватий	Слабо виражений смак добавок	Невиражений смак добавок, наявність стороннього присмаку
Аромат	4	16	12	8	Інтенсивно виражений аромат добавок	Слабо виражений аромат добавок	Невиражений аромат добавок, наявність стороннього запаху
Консистенція	5	20	15	10	Пухка, повітряна, у міру щільна	Повітряна, не щільна	Розтікається
Зовнішній вигляд	4	16	12	8	Приємний, виражений	Приємний	Не виражений
Однорідність	3	12	9	6	Однорідна, виражена	Однорідна	Неоднорідна
Пористість	4	16	12	8	Пориста структура	Пористість слабо виражена	Не пориста структура
Показники харчової цінності							
Уміст білку, г/100 г продукту	8	32	24	16	більше 45	40...45	менше 40
Уміст вуглеводів, г/100 г продукту	5	20	15	10	не більше 25	15...25	більше 25
Уміст жиру, г/100 г продукту	5	20	15	10	не більше 30	20...30	більше 30
Уміст харчових волокон, г/100 г продукту	8	32	24	16	не менше 1,9	1,0...1,9	менше 1,0
Енергетична цінність, ккал на г/100 г продукту	8	32	24	16	не більше 551	400...500	більше 552
Профілактичні властивості	8	32	24	16	Багато напрямів	3-4 напрями	1-2 напрями
Показники інноваційної діяльності							
Новизна рецептури	10	40	30	20	Захищено патентом	Не захищено патентом	Відсутня
Показники маркетингових досліджень							
Реклама	8	32	24	16	Телебачення, газети, журнали, зовнішня реклама	Газети, журнали, зовнішня реклама	Відсутня
Аналіз ринку, попит	7	28	21	14	Нема конкурентів, високий попит	Слабка конкуренція, високий попит	Сильна конкуренція, слабкий попит
Комплексний показник конкурентоспроможності	100	400	300	200			

Розрахунок конкурентоспроможності

Найменування показника	K _{вагом.}	Рівень якості, бали			Оцінка зразків	
		4	3	2	Контроль	Дослідний зразок кексу
Органолептичні показники						
Колір	5	20	15	10	10	20
Смак	8	32	24	16	16	32
Аромат	4	16	12	8	8	16
Консистенція	5	20	15	10	10	20
Зовнішній вигляд	4	16	12	8	8	16
Однорідність	3	12	9	6	6	12
Пористість	4	16	12	8	8	16
Показники харчової цінності						
Уміст білку, г/100 г продукту	8	32	24	16	16	32
Уміст вуглеводів, г/100 г продукту	5	20	15	10	10	20
Уміст жиру, г/100 г продукту	5	20	15	10	10	20
Уміст харчових волокон, г/100 г продукту	8	32	24	16	16	32
Енергетична цінність, ккал на г/100 г продукту	8	32	24	16	16	32
Профілактичні властивості	8	32	24	16	16	32
Показники інноваційної діяльності						
Новизна рецептури	10	40	30	20	20	40
Показники маркетингових досліджень						
Реклама	8	32	24	16	16	32
Аналіз ринку, попит	7	28	21	14	14	28
Комплексний показник конкурентоспроможності	100	400	300	200	200	400
Ціна за 100 г					5,9	6,8
Конкурентоспроможність					33,90	58,8

Список літератури:

1. Лебедев Е.В., Саватеев Е.В. Конкурентоспособность инновационных товаров. Пищевая промышленность. 2002. № 1. С. 16–17.
2. Лебедев Е.В., Саватеев Е.В. Конкурентоспособность инновационных товаров. Пищевая промышленность. 2002. № 2. С. 36–38.
3. Валецька Л.О., Мардар М.Р. Оцінка конкурентоспроможності нових видів екструдованих зернових продуктів підвищеної харчової цінності. Зб. наук. праць «Товарознавство та інновації». Вип. 3. Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. С. 70–76.
4. Дзюба Н.А., Валецька Л.А., Землякова Е.В. Комплексная оценка качества мучного кондитерского изделия «Бульбашка». Sciences of Europe. 2016. № 10. С. 101–108.
5. Дзюба Н.А., Валецька Л.А. Комплексная оценка качества кислородного коктейля «Глоток здоровья». The scientific heritage. 2017. 9. С. 96–105.
6. Dzyuba N., Telezhenko L., Valevskaya L., Zemlyakova E. Comprehensive research into quality of the immunostimulating beverage “Immuno plus”. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2017. 2 (86). P. 4–11.
7. Dzyuba N., Telezhenko L., Valevskaya L., Zemlyakova E. Integrated approach to the assessment of the quality of immunostimulatory beverage “Immuno plus”. Evrika: Life Sciences. 2017. № 2. P. 15–26.
8. Дзюба Н.А., Валецька Л.А. Комплексная оценка качества новых иммуностимулирующих напитков. European Journal of Technical and Natural Sciences. 2017. № 3. С. 31–40.
9. Дубосаров Т.Ю. Сенсорный анализ пищевых продуктов. Дегустация вин: учебное пособие. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2007. 184 с.
10. Малигіна В.Д., Титаренко Л.Д. Основи сенсорного аналізу: навч. посібник. Донецьк: ДонДУЕТ, 2004. 152 с.
11. Павленкова П.П., Тележенко Л.М., Гулавський В.Т. Органолептичне оцінювання зразків круп'яної продукції. Наукові праці. Вип. 36. Т.1. Одеса: ОНАХТ. С. 236–242.

КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

В статье приведен расчет конкурентоспособности опытного образца кекса, который оценивали по методике моделирования. По результатам расчета показателя конкурентоспособности установлено, что образец кекса, обогащенный белоксодержащим сырьем, будет конкурентоспособным на потребительском рынке Украины за счет улучшения органолептических показателей и повышения пищевой и биологической ценности.

Ключевые слова: конкурентоспособность, показатели качества, кекс, белоксодержащее сырье.

QUALIMETRIC ASSESSMENT OF QUALITY OF KEKSU WITH USE OF COLLECTIVE RAW MATERIAL

The article gives the calculation of the competitiveness of the test sample of the cupcake, which was evaluated using the modeling technique. According to the results of the calculation of the competitiveness index, it was established that a sample of cake enriched with protein-rich raw materials would be competitive on the consumer market of Ukraine due to improvement of organoleptic parameters and increase of food and biological value.

Key words: competitiveness, quality indices, cake, protein-rich raw materials.

УДК 664.661-01:34

Земліна Ю.В.

Київський університет культури

Антоненко А.В.

Київський університет культури

Грищенко І.М.

Київський університет культури

Криворучко М.Ю.

Київський національний торговельно-економічний університет

Приходько К.О.

Київський національний університет культури і мистецтв

Нестеренко І.В.

Київський університет культури

ТЕХНОЛОГІЯ БУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СОЧЕВИЦІ

У статті розглядається один зі способів удосконалення технології булочних виробів шляхом заміни частини борошна пшеничного рослинною сировиною, а саме сочевицею, з метою покращення харчової та біологічної цінності. Дослідженнями встановлено, що так можна підвищити вміст незамінних амінокислот, харчових волокон, вітамінів і мінеральних речовин. Розроблено технологію булочних виробів із використанням сочевичного пюре. Результати оцінювання якості розроблених булочних виробів порівняно з традиційними свідчать, що комплексні показники якості розроблених виробів перевищили контрольні внаслідок додавання сочевиці. Розроблені вироби з використанням сочевиці з підвищеним вмістом білків, харчових волокон і вітамінів групи В можуть бути рекомендовані для задоволення попиту споживачів на харчові продукти підвищеної біологічної цінності.

Ключові слова: технологія, булочні вироби, незамінні амінокислоти, вітаміни, харчові волокна, мінеральні речовини, органолептична оцінка, сочевиця, пюре.

Постановка проблеми. Харчування – фундаментальний процес, який знаходиться в основі життєдіяльності всіх без винятку живих організмів і є найвагомим чинником збереження здоров'я. Харчування має особливо важливе значення для населення України, де спостерігається зростання та розповсюдження багатьох захворювань, особливо так званих «хвороб цивілізації»: серцево-судинних, онкологічних, діабету, ожиріння, остеопорозу, карієсу тощо. Статистичні матеріали, офіційні документи Міністерства охорони здоров'я України й результати наукових досліджень свідчать, що рівень захворюваності населення України безупинно збільшується. За останні 10 років більше ніж у 3 рази зросла кількість хворих на артеріальну гіпертонію, смертність від інфарктів міокарду збільшилась у 2 рази. Унаслідок цього тривалість життя скоротилась і є однією з найменших у Європі. На думку багатьох учених, найбільш дієвим способом впливу

на організм з метою покращення в ньому процесів обміну та зміцнення його захисних властивостей є розроблення правильного раціону харчування, а саме: збільшення вмісту повноцінних білків, баластних і мінеральних речовин, вітамінів, особливо антиоксидантного ряду [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що в раціонах харчування населення України не вистачає практично всіх перерахованих сполук, зокрема білків – на 12,5–17,8%, харчових волокон – на 28,1%, вітамінів – на 15–38%, мінеральних речовин – на 17–38,2%. Тому велике значення має створення нових комбінованих продуктів, які характеризуються підвищеною харчовою цінністю й комплексом певних властивостей, таких як органолептичні, фізико-хімічні, біохімічні, лікувальні, технологічні властивості тощо. Формування якості комбінованих продуктів базується передусім на виборі таких добавок до традиційної їжі, які здатні корегувати її хіміч-

ний склад, мають адаптогенні, імуномоделюючі, біостимулюючі та інші функції, зберігають при цьому високі споживні властивості готових виробів [1; 2].

Важлива частина щоденного раціону харчування припадає на хлібобулочні вироби, оскільки вони задовольняють потреби організму в енергії та містять багато корисних складових, таких як білки, вуглеводи й мінеральні речовини. Тому серед важливих завдань є покращення якості сировини і продукції, розширення асортименту продукції, розширення сировинної бази.

Постановка завдання. Сьогодні асортимент хлібобулочних виробів недостатній для повного задоволення попиту на них. Тільки невелика частка населення України має збалансоване харчування.

Метою роботи є наукове обґрунтування й розроблення технології булочних виробів із використанням сочевичного пюре.

Об'єкт дослідження – технологія булочних виробів із додаванням сочевичного пюре.

Предмет дослідження – сочевиця (ТУ У 01.1-31244738-002:2006), булочні вироби підвищеної біологічної цінності.

Методи дослідження – органолептичні, фізико-хімічні; методи планування експерименту й математичної обробки експериментальних даних на основі комп'ютерних технологій.

За контроль обрано булочку «Звичайна», яка складається з пшеничного борошна, молока, масла вершкового, солі, цукру, дріжджів.

Однак вироби, отримані цим відомим способом, містять недостатню кількість незамінних амінокислот.

Поставлена мета досягається за допомогою способу виробництва булочки, який включає замішування тіста з пшеничного борошна, молока, масла вершкового, солі, цукру, дріжджів; бродіння тіста, оброблення, розстоювання й випікання тестових заготовок, під час замішування в тісто додають сочевичне пюре в кількості 30% від маси пшеничного борошна. Пюре готують із сочевиці, яку попередньо замочують, відварюють, збивають в однорідну масу. Поверхню булочок посипають кунжутом і гарбузовим насінням [3].

Виклад основного матеріалу дослідження. Основним складником під час виробництва тіста є борошно. Борошно має дуже важливе значення в харчуванні людини. Споживчі властивості борошна залежать від хімічного складу борошна, його енергетичної цінності, використання.

Борошно пшеничне – це недороге джерело білків, вуглеводів, вітамінів, органічних кислот,

мікро- й мікроелементів, клітковини. Водночас хімічний склад цього продукту характеризується незбалансованістю основних поживних речовин – підвищеним умістом вуглеводів, особливо в продуктах із борошном першого й вищого гатунку, неповноцінністю амінокислотного складу [7].

У сочевиці є практично всі поживні речовини, потрібні для роботи нашого організму. Усього в 100 г продукту міститься близько 50 г вуглеводів, 24 г рослинного білка, які легко засвоюється організмом. До її складу входять такі мікроелементи, як йод, залізо, бор, марганець, цинк, кальцій, фосфор, кобальт, магній тощо. Багата сочевиця й на вітаміни, зокрема В1, В2, фолієву кислоту.

Крім того, вона містить велику кількість ізофлавонів – речовин, які допомагають у разі остеопорозу, клімактеричного синдрому й мають метаболічні й антиканцерогенні властивості, а також сприятливо впливають на стан шкіри, зокрема підсушують її, й роботу серцево-судинної системи. До того ж сочевиця підвищує імунітет, сприяє кровотворенню й завдяки високому вмісту клітковини нормалізує роботу травної системи. Сочевицю можна вважати «найчистішим» продуктом, оскільки вона майже не вбирає шкідливі речовини з навколишнього середовища, тобто не накопичує жодних токсичних елементів, нітратів і радіонуклідів [8].

Кунжут і гарбузове насіння є корисними, оскільки в них багато білка й кислот. Саме їх уміст зумовлює високу корисність рослин, тому що з їх допомогою можна помітно знизити рівень холестерину в організмі.

Кунжут більше ніж наполовину складається із жирної олії. У цій рослині також багато білка, вітамінів А, групи В, С, Е, а також різноманітних жирних кислот. Концентрація кальцію в насінні кунжуту вища, ніж у молочних продуктах. Насіння багате на фосфор і цинк. Крім того, кунжут поставляє в організм людини кальцій – дуже важливий елемент, нестачу якого відчувають багато людей. Усього 10 грамів кунжуту на добу цілком задовольняють добову потребу організму людини в кальції [4; 5].

В основному гарбузове насіння має кремний колір; містить поживні речовини: білок, амінокислоти, вітаміни й велику кількість мінералів. Уживаючи періодично гарбузове насіння, можна відчутно поправити своє здоров'я та захистити себе від недуг. Залізо, що міститься в насінні, покращує склад крові, амінокислоти роблять стінки судин міцними, в результаті серце отримує всі умови для нормальної роботи. Уживання насіння

Хімічний склад булочки «Сочевична» (на 100 г)

Показники	Уміст у досліджуваних продуктах		Відхилення, %	Рекомендована кількість, г/добу	Відсоток від добової потреби, %	
	Контроль, г/100г	Дослід, г/100г			Контроль	Дослід
Білки, г	6,59	9,69	47	73	9,02	14,4
Жири, г	10,89	10,87	-0,5	74	5,2	5,1
Вуглеводи, г	53,2	52,5	-15	424	9,2	7,83
у т. ч. крохмаль, г	5,2	10,85	100			
у т. ч. харчові волокна, г	1,43	3,61	152	25	4,92	14,4
Зола, г	0,39	6,71	у 6 разів			
Вода, г	22,19	22,5	1,4			
Енергетична цінність, ккал	218,7	206,92	-5	2650	8,2	7,8
Мінеральні речовини						
Натрій, мг	10,01	22,8	127	1300	0,77	1,7
Калій, мг	82,52	222,7	170	2500	3,3	8,9
Магній, мг	14,07	28,35	100	400	3,5	7,08
Ферум, мг	1,7	2,1	175	15000	4,8	26,6
Купрум, мкг	0,08	0,29	262	1000	0,08	0,029
Йод, мкг	1,53	2,67	86	200	0,76	1,2
Вітаміни						
Е, мг	0,08	0,014	75	15	0,53	0,93
В ₂ , мг	0,06	0,12	56	1,6	3,75	5
В ₃ , мг	0,29	0,39	34	6	4,8	6,5
В ₉ , мкг	12,43	21,13	69	200	6,3	10,56

Таблиця 2

Амінокислотний склад булочки «Сочевична» (100 г)

Показники	Еталон FAO/WHO	Контроль		Дослід		Відхилення, %	КРАС, %	
	г/1г білка	г/1г білка	Скор, %	г/1г білка	Скор, %		Контроль	Дослід
Ізолейцин	0,04	0,03	75	0,04	100	30	47	24
Лейцин	0,07	0,06	85	0,06	85	0	57	9
Лізин	0,055	0,02	36	0,04	80	122	8	4
Метіонін + цистин	0,03	0,01	28	0,02	76	135	0	0
Фенілаланін + тирозин	0,06	0,04	66	0,05	83	25	38	7
Треонін	0,04	0,02	50	0,03	77	50	22	2
Триптофан	0,01	0,01	100	0,03	300	у 2 рази	72	24
Валін	0,05	0,03	60	0,04	80	33	32	4
Середнє значення КРАС, %							34	9,25

гарбуза сприяє зниженню рівня цукру в крові. Гарбузове насіння впливає й на шкірні покриви, зникає синюшність. Уважається, що гарбузове насіння виводять з організму важкі метали, такі як кадмій і свинець.

Розроблено технологічну схему булочки «Сочевична» (рис. 1).

Для визначення якості булочки «Сочевична» проведено дослідження хімічного складу готових булочних виробів: булочки «Звичайна» й булочки «Сочевична» (таблиця 1).

За даними таблиці 1, можна зробити висновок, що кількість білків у досліді збільшується порівняно з контролем на 47%, а загальний уміст вуглеводів знижується на 15%. Разом із тим уміст харчових волокон у виробі збільшується до 3,61 г порівняно з 1,43 г у контролі. Це відбувається завдяки використанню сочевиці. Харчова цінність сочевиці полягає в тому, що в ній дуже багато легкозасвоюваного білка. Насіння містять 24 г білків, до складу яких входять усі незамінні амінокислоти, 53% вуглеводів, зовсім небагато жиру – 2% [6].

Комплексний показник якості булочки «Сочевична»

Показники	Коефіцієнт вагомості	Контроль	Дослід	Добова потреба
Білки, г	0,25	0,11	0,16	0,25
Вуглеводи, г	0,1	0,09	0,07	0,1
Харчові волокна, г	0,25	0,05	0,1	0,25
Fe, мг	0,2	0,07	0,1	0,2
Органолептична оцінка	0,2	0,16	0,18	0,2

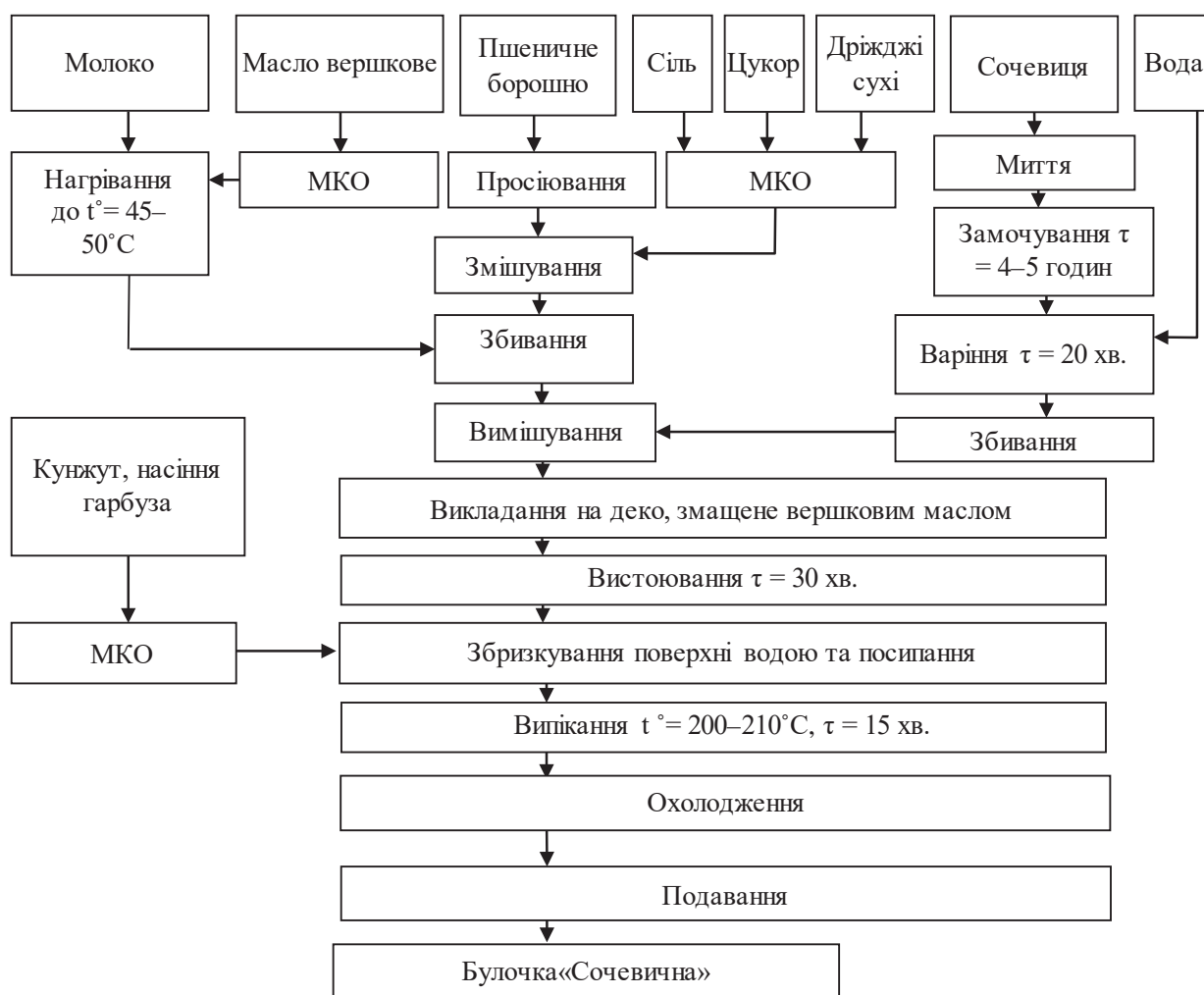


Рис. 1. Технологічна схема виробництва булочки «Сочевична»

Досліджуваний виріб має підвищений уміст мінеральних елементів і вітамінів порівняно з контролем: збільшується вміст калію на 170%, феруму – на 175%, вітаміну В2 – на 56%.

Для визначення біологічної цінності білка розроблених виробів використаний метод розрахунку амінокислотного скору (таблиця 2).

Амінокислотний склад булочки із сочевицею наближений до амінокислотного складу ідеального білка. Для оцінювання ступеня використання білка розраховувався КРАС (коефіцієнт різниці

амінокислотного скору). Чим менше значення КРАС, тим повніше використовуються амінокислоти. Середнє значення КРАС для контролю – 34%, а для дослідів – 9,25% [5; 7].

На основі результатів проведених досліджень і розрахунків розроблено профіль якості (рис. 2) контрольного та дослідного зразків булочок (таблиця 3).

З отриманих даних видно, що профіль якості дослідів більший за профіль якості контролю. Побудований профіль якості свідчить, що

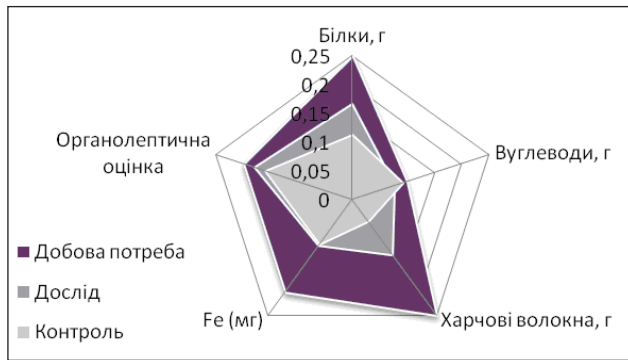


Рис. 2. Профіль якості булочки «Сочевична»

додавання сочевиці дає змогу підвищити якість готової продукції [9].

Висновки. Результати оцінювання якості розроблених булочних виробів порівняно з традиційними свідчать, що комплексні показники якості

розроблених виробів перевищили контрольні внаслідок додавання сочевиці.

За даними досліджень хімічного складу виробів із використанням сочевиці виявлено, що кількість білків збільшується з 6,59 г/100 г до 9,69 г/100 г, кількість харчових волокон збільшується на 152%. Установлено, що в розроблених виробках покращується амінокислотний склад: коефіцієнт використання білка у виробках із сочевицею, порівняно з контрольним зразком, збільшується в 2 рази.

Визначено соціальну ефективність розроблених виробів, яка полягає в розширенні асортименту булочних виробів зі збалансованим вмістом незамінних амінокислот. Розроблені вироби із використанням сочевиці з підвищеним вмістом білків, харчових волокон і вітамінів групи В можуть бути рекомендовані для задоволення попиту споживачів на харчові продукти підвищеної біологічної цінності.

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. 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.
4. Антоненко А. В. Перспективные тенденции развития науки: техника и технология: монография / за ред. И.Я. Львович, А.В. Некрасова. Одесса: Куприенко С.В., 2016. 197 с.
5. Антоненко А.В., Довга О.О., Ліфіренко О.С. Удосконалення технології борошняних кулінарних виробів для харчування дітей. Научный взгляд в будущее: международное периодическое научное издание. 2016. № 3. С. 4–11.
6. Антоненко А.В., Михайлик В.С. Технологія та якість печива зі шротами олійних культур. Харчова наука і технологія: науково-виробничий журнал. 2016. № 1. С. 72–77.
7. Кравченко М.Ф., Криворучко М.Ю., Антоненко А.В. Структурно-механічні властивості прісного тіста з борошна пророщеного зерна пшениці. Товари і ринки: міжнародний науково-практичний журнал. 2012. № 1. С. 82–88.
8. Антоненко А.В. Борошно з пророщеного зерна вівса як основа для борошняних кондитерських виробів. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2014. № 46 (1). С. 149–153.
9. Антоненко А.В., Журавська А.А. Новітні технології кондитерських виробів підвищеної харчової цінності. Научные труды SWorld. 2013. № 1. С. 73–77.

ТЕХНОЛОГИЯ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧЕЧЕВИЦЫ

В статье рассматривается один из способов усовершенствования технологии булочных изделий путем замены части муки пшеничной растительным сырьем, а именно чечевицей, с целью улучшения пищевой и биологической ценности. Исследованиями установлено, что таким образом можно повысить содержание незаменимых аминокислот, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Разработана технология булочных изделий с использованием чечевицевого пюре. Результаты оценивания качества разработанных булочных изделий по сравнению с традиционными свидетельствуют, что комплексные показатели качества разработанных изделий превысили контрольные в результате добавления чечевицы. Разработанные изделия с использованием чечевицы с повышенным содержанием белков, пищевых волокон и витаминов группы В могут быть рекомендованы для удовлетворения спроса потребителей на продукты повышенной биологической ценности.

Ключевые слова: технология, булочные изделия, незаменимые аминокислоты, витамины, пищевые волокна, минеральные вещества, органолептическая оценка, чечевица, пюре.

BAKERY TECHNOLOGY USING LENTILS

The article considers one of the ways to improve the technology of bakery products by replacing part of the flour with wheat raw materials, namely lentils with the aim of improving food and biological value. Studies have established that in this way it is possible to increase the content of essential amino acids, dietary fiber, vitamins and minerals. The technology of bakery products using lentil puree has been developed. The results of evaluating the quality of the bakery products developed in comparison with the traditional ones show that the integrated quality indicators of the developed products exceeded the control ones as a result of the addition of lentils. Developed products using lentils with an increased content of proteins, dietary fiber and B vitamins can be recommended to meet consumer demand for products of increased biological value.

Key words: *technology, bakery products, essential amino acids, vitamins, dietary fiber, minerals, organoleptic evaluation, lentils, puree.*

УДК 679.9:641

Кондратюк Н.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Степанова Т.М.

Сумський національний аграрний університет

Толошній Д.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Поливанов Є.А.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ГЕЛІ ХАРЧОВІ ПЛІВКОУТВОРЮЮЧІ НА ОСНОВІ УРОНАТНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ У ВИРОБНИЦТВІ СУМІШЕЙ ДЛЯ ІН'ЄКТУВАННЯ М'ЯСОПРОДУКТІВ

У статті розглянуто можливість використання гелів харчових плівкоутворюючих на основі альгінату натрію та пектину низькоетерифікованого амідованого (уронатних полісахаридів) під час виробництва сумішей для ін'єктування м'ясопродуктів. Подано матеріали, що описують можливість удосконалення технології м'ясопродуктів шляхом підвищення їх якості й харчової цінності за рахунок відкоригованої за складом функціональних інгредієнтів сумішей для ін'єктування. Описано склад і наведено рекомендації з використання розроблених гелевих сумішей для ін'єктування м'ясопродуктів.

Ключові слова: альгінат натрію, пектин, м'ясопродукти, суміші для ін'єктування.

Постановка проблеми. З розвитком ринкових відносин України з Європою та Азією дедалі більше уваги приділяється збільшенню обсягів виробництва високоякісної продукції. М'ясо й м'ясопродукти відрізняються від інших видів сировини не тільки високою харчовою та біологічною цінністю, а й наявністю екстрактивних речовин, які формують специфічний смак продуктів.

Харчова цінність м'яса має високі показники за рахунок достатнього вмісту м'язової тканини. Також цей показник указує на високий рівень засвоюваності нутрієнтів.

Харчову цінність м'яса оцінюють за співвідношенням триптофану, який міститься в м'язовій тканині до оксипроліну, що характеризує вміст сполучної тканини. Якщо співвідношення становить 1:6, то м'ясні продукти вважаються такими, що мають високу харчову цінність. Відомо, що м'ясопродукти з високою харчовою цінністю володіють широким спектром корисних властивостей, зокрема технологічних та органолептичних [1].

Однак останнім часом питання про м'ясопродукти з високою харчовою цінністю постає дуже гостро, оскільки частішають випадки потрапляння на м'ясопереробні комплекси сировини, у якій наявні значні відхилення від звичайного протікання автолітичних процесів. Від-

повідно до цього, сировину поділяють на PSE (з низьким показником рН після автолізу), DFD (з високим показником рН після дозрівання) та RSE (м'ясопродукти, що мають червону, в'ялу та водянисту м'язову тканину). Спричиняють низьку якість, по-перше, інтенсивне вигодовування тварин комбікормами, що містять велику кількість гормональних препаратів; по-друге, порушення умов передзабійного витримування й подальшої первинної переробки сировини [2; 5].

У зв'язку зі збільшенням кількості м'яса з показниками рН, що мають відхилення від дозволених значень, розроблено технологічне коригування за рахунок упровадження додаткових операцій: масажування, маринування, ін'єктування тощо.

Масажування й тумблювання сировини здійснювалось за наявності соєвих ізольованих білків, білкових гідролізатів з м'язової тканини інших тварин (птиці), водорозчинних фосфатів або комплексних синтетичних добавок [3]. На жаль, комплексну достовірну інформацію про дію цих речовин у складі сумішей для ін'єктування на різні види м'яса та м'ясопродуктів знайти досить складно. Тому аналіз наявної інформації щодо цього аспекту, а також питання еквівалентної та раціональної заміни складників є доцільним і необхідним у напрямі вдосконалення процесів

переробки м'ясної сировини й виробництва напівфабрикатів високої якості та харчової цінності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

З аналізу останніх літературних джерел відомо, що сучасні дослідження полягають у розробці сумішей для ін'єктування, що містять набір стабілізуючих м'язове волокно речовин, які також регулюють автолітичні процеси [3; 4].

У таблиці 1 подано дані про речовини, які найчастіше використовують у складі сумішей, призначених для масажування та ін'єктування.

З наведених даних таблиці 1 наочно видно, що до сумішей, призначених до ін'єктування, входять полісахариди. Однак варто зауважити, що в наведеному переліку наявні лише макромолекули, які здатні до накопичення вологи, але позбавлені хімічної активності в напрямі накопичення мінеральних сполук (не стосується альгінату натрію).

Окрім наведеного переліку інгредієнтів, до складу сумішей для ін'єктування доцільно внести полісахариди, що мають високу вологоутримуючу здатність, добре взаємодіють з пептидами та мінеральними компонентами, покращують і стабілізують харчові системи тощо. Такими є полісахариди уронатної природи, зокрема альгінат натрію та пектин.

Постановка завдання. Основною метою статті є аналітичний огляд основних показників якості й характеристик інгредієнтів, що досить широко використовуються в складі рецептурних сумішей, призначених для ін'єктування м'яса і

м'ясопродуктів. Також у статті описується сутність технологічного рішення, що вважається альтернативою наявним сумішам для ін'єктування – розчинам уронатних полісахаридів, у матрицю гелю яких внесено смакоароматичні композиції, амінокислоти та мінеральні речовини. Останні виступають у ролі зшиваючих агентів і формують структуру гелю в просторі, суттєво покращують волоутримуючу здатність у м'ясних напівфабрикатах і готовій продукції на їх основі.

Виклад основного матеріалу дослідження.

До основних показників, що потребують корегування під час виробництва ін'єкційних сумішей, можуть бути зараховані діапазони варіювання компонентів, що становлять біологічну цінність, а саме: білків, пептидів та амінокислот, за якими визначають загальний вміст водо- й солерозчинних білків, частку білку сполучної тканини. Крім того, необхідно мати інформацію про кількісний і якісний вміст жиру та вуглеводів, наявність екстрактивних речовин (у тому числі й летких), вміст вологи, зольність тощо. Також важливо сформувати інформаційний блок, який містить відомості про такі технологічні характеристики: волого- та жирутримуюча здатність, здатність до гелеутворення. До цього комплексу показників варто долучити значення рН, показник активності водної фази та буферну ємність системи, а також структурно-механічні характеристики (в'язкість, напруга зсуву, зусилля зрізу, адгезійні властивості тощо). Крім того, необхідно постійно контролю-

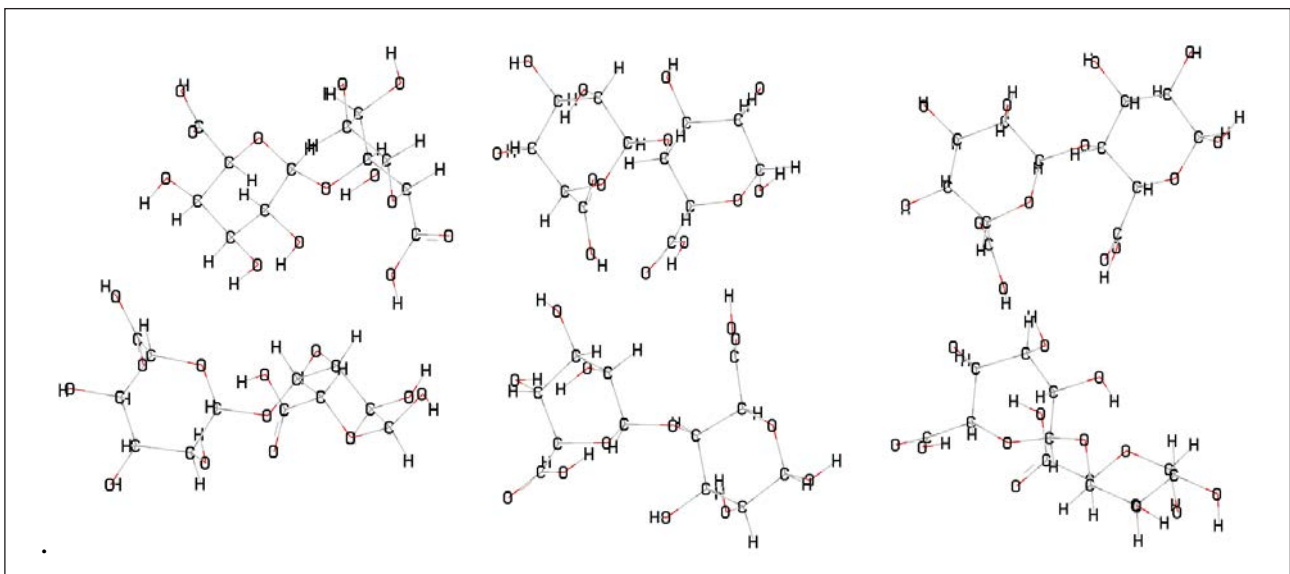


Рис. 1. Квантово-хімічні моделі реакційноздатних блоків уронатних полісахаридів (верхні димери – пектинові; нижні – альгінатні): а – дигалактуронат-дигулуранат; б – дигалактуронат-димануронат; в – дигалактуронат-гулуранат-мануронат

Характеристика складників сумішей, призначених для масажування та ін'єктування м'ясопродуктів

Назва інгредієнта	Характеристика
Ксантанова камедь (E415)	Одержується шляхом ферментації глюкози або сахарози бактеріями виду <i>Xanthomonas campestris</i> . Дає змогу отримувати однорідний за консистенцією продукт. Виконує функції емульгатора і стабілізатора. Збільшує в'язкість рідких систем навіть при невеликому дозуванні (до 1%). Є стабільним у діапазоні температур (від -18°C до 120°C) і кислотності (від 2 до 12 pH).
Карбонати натрію (E500)	Використовуються переважно як розпушувачі та регулятори кислотності. За хімічним складом являють собою карбонати натрію – натрієві солі вуглецевої кислоти. У харчових продуктах переважно використовуються карбонат натрію (Na ₂ CO ₃ – E 500i) – кальцинована сода; гідрокарбонат натрію (NaHCO ₃ – E 500ii) – питна або харчова сода; суміш карбонату й гідрокарбонату натрію (E 500iii). Карбонати натрію запобігають злежуванню і грудкуванню сипких продуктів, є регуляторами кислотності.
Мальтодекстрин (E 459)	Гігроскопічний порошок, що є продуктом переробки крохмалю. Позбавлений смаку або помірно-солодкий. Має функції згущувача, розпушувача, антиокислювача, емульгатора, підсолоджувача й підсилювача смаку. Відіграє роль інертної допоміжної речовини. Уповільнює процеси зміни кольору продуктів у результаті окислення; використовується як розпушувач порошкоподібних сумішей; поліпшує засвоюваність їстівних компонентів і стимулює зростання корисної мікрофлори в кишечнику.
Клітковина (целюлоза) (E 460)	Використовується в розсільних сумішах, які потребують періодичного перемішування. Під час ін'єктування волокна, що потрапляють у м'язи, утримують деяку частину розсолу й унеможливають міграцію мінеральних і вітаміноподібних речовин під час термічних процесів, збільшуючи при цьому вихід готових виробів.
Ацетати натрію або натрієва сіль оцтової кислоти (E 262)	Порошок білого кольору або безбарвні кристали. Виступає в ролі харчового консерванту, регулятора кислотності та ароматизатора.
Альгінат натрію (E 401)	Полісахарид природного походження, що складається із залишків D-мануранової й L-гулуранової кислот. Порошок має добру розчинність у воді з утворення прозорих безбарвних гелів, утримує велику кількість вологи (до 99%), може виступати в ролі стабілізатора харчових систем.
Карагенан (E 407)	За своєю хімічною структурою є полімером лінійного типу, його застосування зумовлене здатністю до гелеутворення й набухання у воді. У харчових продуктах виконує функції емульгатора, згущувача, стабілізатора. Карагенан і його солі збільшують в'язкість харчових систем. Застосування розчину карагенану дає змогу суттєво збільшити обсяг м'ясних і ковбасних виробів, що знижує собівартість.
Пірофосфати (E 450iii)	Ефіри та солі пірофосфорної кислоти (H ₄ P ₂ O ₇) використовуються як стабілізатори, розпушувачі, регулятори кислотності, комплексоутворювачі й емульгатори. Мають високу вологоутримуючу здатність. Основне призначення в м'ясопереробній промисловості – збільшення об'єму м'язових волокон, що збільшує вихід готового продукту. Пірофосфати сприяють утворенню однорідної консистенції продукту. У виробництві м'ясних напівфабрикатів використовуються також з метою насичення продукту однорідним кольором; пригнічують процеси окислення; подовжують термін придатності напівфабрикатів і готових продуктів зі збереженням усіх смакових властивостей.
Трифосфати (E 451i)	Застосовуються як стабілізатори в'язкості й консистенції харчових продуктів. Мають властивість перешкоджати процесам окислення в м'язових тканинах і жири. Стабілізують забарвлення продуктів. Застосовуються під час виробництва ковбас і сосисок. Здатні збільшувати вихід готової продукції, оскільки мають функцію накопичення великої кількості води в м'язових тканинах.
Цитрат натрію (E331 iii)	Має виражений кисло-солоний присмак і добре розчиняється у воді. Застосовується як стабілізатор, емульгатор, регулятор кислотності, підсилювач смаку.
Натрієва сіль глутамінової кислоти (E 621)	Є широко розповсюдженою амінокислотою, що застосовується як підсилювач смаку.
Аскорбат натрію (E 301)	Антиоксидант, призначений для захисту продуктів від зміни кольору, окислення жирів, зміни нітратів і появи гіркоти. Є одним із видів вітаміну С. Добре розчиняється у воді. Має властивість подовжувати термін придатності продуктів.

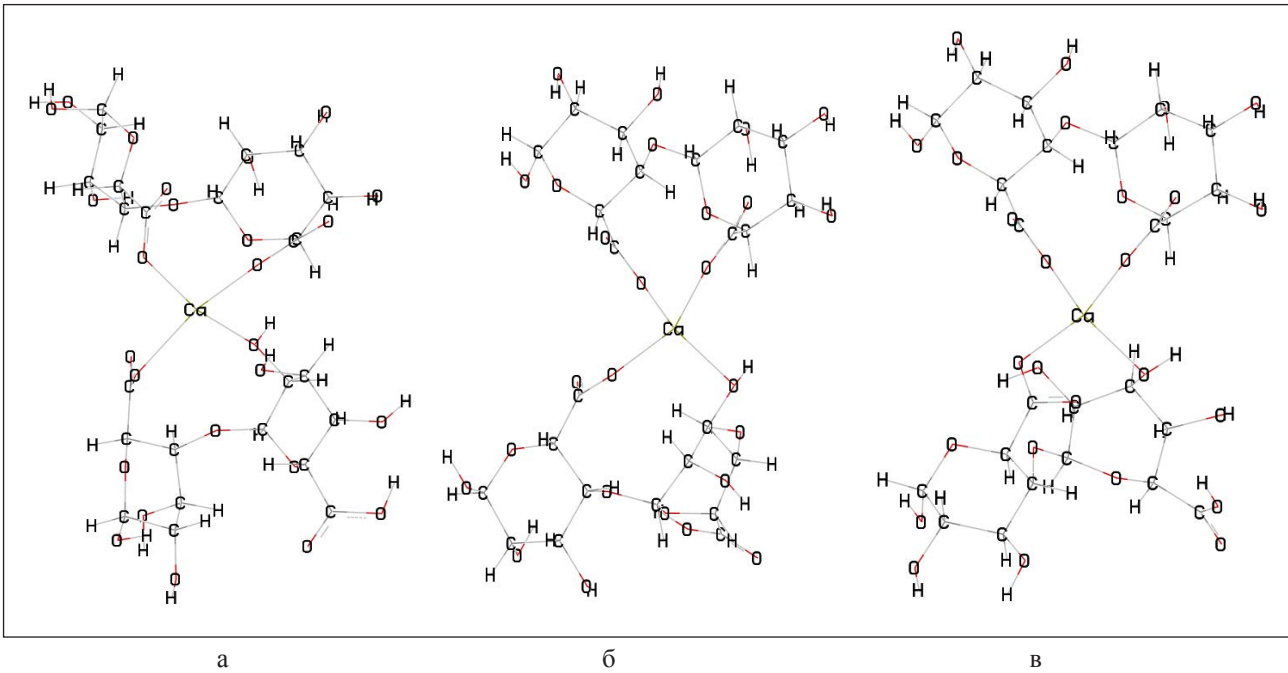


Рис. 2. Квантово-хімічні моделі реакційноздатних блоків уронатних полісахаридів, зшитих іоном Ca^{2+} (верхні димери – пектинові; нижні – альгінатні): а – диґалактуронат-Са-диґулуранат; б – диґалактуронат-Са-димануронат; в – диґалактуронат-Са-гулуранат-мануронат

вати показники якості в сировині й готових продуктах, що визначають їх безпечність.

Комплексне дослідження показників якості можливо лише за умов проведення моделювання. На першому етапі створено квантово-хімічні моделі, які дають змогу отримати інформацію про кількість потенційних центрів зв'язування біологічно активних речовин і води в матриці, на основі уронатних полісахаридів.

На рисунку 1 наведено зображення квантово-хімічної моделі двох димерів. Пектиновий модуль матриці зображується у вигляді залишків кислот галактуронової кислоти. Альгінатний модуль – у вигляді залишків кислот мануронової та гулуранонової кислот у різних просторових варіаціях.

З рисунка 1 а-в можна встановити кількість центрів зв'язування води в одному модулі, а після цього, знаючи молекулярну масу полісахаридів, можна розрахувати й орієнтовну кількість внутрішньозв'язаної води в готовому продукті.

Так, з рисунку 1 наочно видно, що гідрофільних груп у кожній із наведених структур димерів міститься 18, із яких у пектинових та альгінатних модулях по 10 атомів водню (-H); 6 гідроксильних груп (-OH), 2 карбоксильні групи (-COOH).

Варто зазначити, що на рисунку 1 а-в наведені лише найменші за розмірами функціональні модулі, але ті, що володіють усіма властивостями макросистеми. З огляду на те що альгінат і пектин мають полімерну структуру, кількість центрів

зв'язування води залежить від кількості мономерних ланок уронатів. Тому нами виведено формулу розрахунку загальної кількості таких центрів:

$$N_{\text{зв}} = 8 \cdot n + 2,$$

де $N_{\text{зв}}$ – кількість центрів зв'язування води в макросистемі;

n – кількість мономерів уронатів;

8 – кількість центрів зв'язування води в одній мономерній ланці;

2 – кількість кінцевих центрів зв'язування води в макросистемі.

На рисунку 2 наведено зображення квантово-хімічної моделі комплексних сполук (пектинового та альгінатного модулів, зшитих між собою іонами кальцію).

Так, з рисунка 2 наочно видно, що гідрофільних груп у наведених структур димерів, зв'язаних із кальцієм, міститься 16, із яких у димерах пектину 10 атомів водню (-H); 6 гідроксильних груп (-OH), у димерах альгінату – 10 атомів водню (-H); 5 гідроксильних груп (-OH), 1 карбоксильна група (-COOH).

Особливість розчинів уронатних полісахаридів накопичувати іони полівалентних металів, зокрема іонів кальцію, є більш енергетично вигіднішою, аніж властивість утримувати молекули води. Тому за умов реалізації процесу іонотропного гелеутворення деяка кількість молекул води, що втратили зв'язки, виходить із системи назовні й бере участь в інших процесах: зв'язування з

білками та пептидами, накопичення на поверхні, випаровування.

Одним із критеріїв оцінювання якості м'яса та м'ясопродуктів є показник кислотності (рН), який залежить від прижиттєвих факторів тварин, а саме: виду, умови транспортування, типу відгодівлі, а також від факторів, набутих у процесі технологічного оброблення, а саме: типу забою, рівня знекровлювання, виду охолодження, глибини й часу проходження автолітичних змін, типу знежилування. Крім наведених факторів, варто враховувати анатомічне походження м'яса. Відхилення від рекомендованих показників рН м'ясної сировини призводить до погіршення технологічних характеристик переробленої продукції, зокрема впливає на вологоутримуючу здатність сировини та напівфабрикатів. За рахунок використання уронатних полісахаридів, які мають значну кількість центрів зв'язування вологи (рисунок 1) навіть після реалізації процесів іонотропного гелеутворення (рисунок 2), нами проведено регуляцію вмісту вологи, незважаючи на показники рН, але такі, що знаходяться в допустимому діапазоні. Регуляцію проведено за рахунок використання кальцієвих солей ортофосфорної кислоти (гідроортофосфатів і дигідроортофосфатів), які виконували дві функції. По-перше, були компонентами, що містять «агенти зшивання» – іони кальцію. По-друге, мають кислотний залишок, який проявляє в разі зміни рН буферні властивості.

Розчини кальцієвих солей ортофосфорної кислоти внесені до ін'єкторної суміші шляхом аерозольного розпилення на поверхню м'ясних виробів. Завдяки запропонованому принципу внесення, реакція іонотропного гелеутворення протікала повільно, й утворення масиву комплексних сполук з кальцієм як координаційного центру зв'язування дало змогу сформувати міцний гель, уповільнити витікання м'ясного соку, а також звільнити аніонні залишки від катіону кальцію, що збільшило їх реакційну здатність у врегулюванні кислотності системи.

Утримання значення рН в ділянці оптимуму дало можливість покращити технологічні, структурно-механічні й органолептичні характеристики зразків. Крім того, внесення цих солей у матрицю уронатних полісахаридів забезпечило їх мікробіологічну стійкість протягом зберігання.

Ще одним показником оцінювання якості м'яса та м'ясопродуктів вважається активність води. За виробничих умов цей показник є несуттєвим, однак його високі значення прогнозують активацію біохімічних, фізико-хімічних реакцій і процесів, що протікають у м'ясних продуктах і негативно впливають на терміни збереження м'яса та м'ясопродуктів, оскільки вода і зниження рН при цьому є умовами розвитку патогенних мікроорганізмів. Відомо, що із загальної кількості води, яка міститься в харчовому продукті, мікроорганізми споживають тільки її активну частину.

Висновки. Приведений у статті опис змін характеристик м'яса та м'ясопродуктів у ході зберігання доводить, що якість залежить від багатьох факторів: амінокислотного складу, кислотності, рівня активної вологи, кількості сухих речовин, жиру тощо.

Отже, за результатами аналітичного огляду за проблемою статті розроблено новий спосіб покращення якості м'ясопродуктів і підвищення їх біологічної цінності за рахунок унесення додаткових компонентів, що корегують автолітичні процеси в модельних системах. У статті наведені нові підходи до врегулювання показників якості м'яса та м'ясопродуктів, що мають допустимі відхилення. Регуляція відбувається шляхом прояву фізико-хімічних властивостей гелів уронатних полісахаридів, унесених до складу сумішей, призначених для ін'єктування.

Отже, підібрано компоненти й розроблено рецептурний склад суміші, призначеної для ін'єктування; визначено їх співвідношення та розроблено стратегію використання гелів харчових на основі уронатних полісахаридів у технологічному процесі переробки м'ясної сировини й виготовленні м'ясопродуктів високої якості та харчової цінності. Розроблено принцип внесення гідрогелю в товщу продукту з одночасним ін'єктуванням зразків розчином структуроутворюючого агента (фосфорнокислих солей кальцію).

Така взаємодія дає змогу створювати умови максимальної стабільності гідрофільних речовин – білків, поліпептидів, гідроколоїдів, підвищити вологоутримуючу здатність, знизити рівень активної води, що в подальшому знизить можливість накопичення патогенної мікрофлори тощо.

Список літератури:

1. Пасічний В.М. Харчова цінність та функціонально-технологічні характеристики тваринної і рослинної сировини, що визначають якість м'ясопродуктів. М'ясний бізнес. 2009. № 4. С. 77–79.
2. Зубар Н.М. Основи фізіології та гігієни харчування. Київ: Центр учбової літератури, 2010. С. 336.

3. Баль-Прилипко Л.В. Актуальні проблеми галузі. Київ: Центр учбової літератури, 2010. С. 374.
4. Кишенько І.І. Використання гідроколоїдів в складі багатокомпонентних розсолів. Таврійський науковий вісник. 2008. № 56. С. 146–151.
5. М'ясо з ознаками PSE і DFD. ULR: <http://met-and-spices.com/myaso/84-myaso-s-priznakami-pse-i-dfd>.

ГЕЛИ ПИЩЕВЫЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ НА ОСНОВЕ УРОНАТНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СМЕСЕЙ ДЛЯ ИНЪЕКТИРОВАНИЯ МЯСОПРОДУКТОВ

В статье рассмотрена возможность использования гелей пищевых пленкообразующих на основе альгината натрия и пектина низкоэтерифицированного амидованого (уронатных полисахаридов) при производстве смесей для инъектирования мясопродуктов. Приведены материалы, описывающие возможность совершенствования технологии мясопродуктов путем повышения их качества и пищевой ценности за счет откорректированной по составу функциональных ингредиентов смеси для инъектирования. Описан состав и приведены рекомендации по использованию разработанных гелевых смесей для инъектирования мясопродуктов.

Ключевые слова: альгинат натрия, пектин, мясопродукты, смеси для инъектирования.

FOOD FILM-FORMATED GELS ON THE BASIS OF URONATE POLYSACCHARIDES IN PRODUCTION OF MIXTURES FOR INJECTION OF MEAT PRODUCTS

The possibility of using food film-forming gels based on sodium alginate and low esterified amidated pectin (uronate polysaccharides) in production of mixtures for injection of meat products was considered. The materials describing the possibility of improving the technology of meat products by improving their quality and nutritional value due to the composition adjusted functional ingredients of the mixture for injection were given. Composition and recommendations on the use of the developed gel mixtures for the injection of meat products were described.

Key words: sodium alginate, pectin, meat products, mixtures for injection.

Кравченко М.Ф.

Київський національний торговельно-економічний університет

Кублінська І.А.

Київський національний торговельно-економічний університет

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЕМУЛЬСІЙНОГО СОУСУ ГРИБНОГО

У статті об'єктом дослідження є технологія емульсійного грибного соусу. У ході досліджень проаналізовано асортимент соусів емульсійного типу й тенденції щодо збагачення їх біологічно активними речовинами. Розроблено технологію соусу грибного підвищеної біологічної цінності з функціональними інгредієнтами – грибним порошком з печериць, рейші та шиїтаке. Проведено комплексну оцінку якості новоствореного продукту. Установлено, що соус з грибним порошком має високу біологічну цінність, оптимальні реологічні й органолептичні показники якості. Розроблена технологія є ресурсозаощаджувальною, оскільки передбачає використання грибного порошку, виготовленого з некондиційної грибної сировини. Це дасть змогу розширити асортимент емульсійних соусів грибних для харчових виробництв, сприятиме збагаченню їх есенціальними та біологічно активними речовинами.

Ключові слова: технологія емульсійного соусу, функціональні інгредієнти, грибний порошок, комплексна оцінка якості.

Постановка проблеми. За даними статистичних досліджень, за останні 10 років виробництво культивованих грибів у світі збільшилося у 2 рази й досягло понад 12 млн. т. Українські аграрії вирощують до 56 тис. т/рік. Найбільшу частку українського ринку культивованих грибів, понад 90%, займають білі печериці, оскільки попит споживачів на них найбільший і технологія вирощування відносно не складна. Невелику частку ринку (не більше ніж 5%) займає глива. А більш екзотичні гриби (шиїтаке, еринги й рейші), які також вирощуються в Україні одиничними господарствами, займають 1%. Відомо, що гриби печериці, шиїтаке та рейші містять цілий комплекс есенціальних харчових речовин, таких як незамінні амінокислоти, вітаміни, флавоноїди, β -глюкани. Фізіологічний і терапевтичний ефекти цих грибів як потужних імуностимуляторів та антиоксидантів доведено низкою науковців.

Темпи, що зростають, вирощування грибів в Україні зумовлюють збільшення обсягів некондиційної грибної сировини: перерослих грибів, грибів з механічними ушкодженнями тощо. Тому перед українськими аграріями стоїть питання збуту некондиційної сировини або ж її утилізації, яка потребує фінансових витрат. У цьому контексті є перспективною розробка технологій харчових продуктів з використанням некондиційної грибної сировини, з метою отримання готового продукту високої споживчої якості, що сприятиме

вирішенню питання збуту некондиційної грибної сировини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Споживання емульсійних соусів типу майонез населенням України з кожним роком набуває все більшої популярності, про що свідчать статистичні дані [1]. До їх складу в класичній рецептурі входить рослинна олія, оцет, гірчиця, яєчний порошок, інколи сухе знежирене молоко тощо. Для стабілізації консистенції та уникнення розшарування при низьких температурах до складу емульсійних соусів включають стабілізатори. Для здешевлення продукції, зниження калорійності все частіше гомогенізатори у складі цих соусів замінюють на емульгатори й загусники, наприклад, караген, ксантанова камедь (келтрол), альгінат натрію (манукол ДМ) [2]. Сьогодні існує низка досліджень щодо збагачення соусів емульсійних біологічно активними речовинами, зокрема борошном із зародків пшениці, що має високу вологоутримувальну здатність [3], однак таке борошно не реалізується вітчизняними господарствами, запропонована технологія потребує додаткових потужностей для пророщування зерна та виробництва борошна з нього.

Запропоновано технологію емульсійних десертних соусів з низьким умістом жирового компоненту на основі нових структуроутворюючих систем порошку насіння амаранту багряного. Соуси на основі клейстеризованого борошна амаранту

багряного мають високі споживчі та структурно-механічні властивості й низьку калорійність [4]. Ця технологія доцільна для десертних соусів, оскільки інноваційний продукт має інтенсивне забарвлення, характерний амарантовий аромат.

Обґрунтовано використання пектиновмісної овочевої та білкововмісної молочної сировини в технології термостабільних емульсійних соусів. Установлено закономірності переведення складників овочевої й молочної сировини в активний до емульгування та стабілізації емульсії стан, а також закономірності утворення та стабілізації емульсії для забезпечення їх стійкості в гарячому стані [5]. Однак ця технологія передбачає використання морквяного каротину, який може бути алергеном для певної групи споживачів.

Досліджено технологію виробництва нових видів емульсійних соусів з використанням порошкового соєвого лецитину, харчової добавки «Інулін харчовий» і дієтичної добавки «Топінамбур харчовий», який має високу здатність до водотримання і згущування, що сприяє формуванню високоякісних емульсійних соусів, а також характеризується пребіотичними та іншими функціональними властивостями [6]. Запропонований продукт є перспективним для використання в лікувальному й профілактично-дієтичному харчуванні, однак продукти з топінамбуром не користуються попитом серед сучасних споживачів.

Сучасними науковцями запропоновано технологію соусів емульсійних з додаванням білково-мінеральної добавки, збагаченої йодом. Використовуючи білково-мінеральну добавку від 0,5...2,5% з масовою часткою йоду від 0,01...0,02% можна забезпечити близько 50% добової потреби людини на йод [7]. Запропонована методика виробництва емульсійних соусів передбачає використання білково-мінеральної добавки, отриманої з водоростей цистозири й зостери, які не реалізуються вітчизняними торговельними мережами та водними господарствами.

Виробництво соусів з культивованими грибами є перспективним і прибутковим, що підтверджується даними маркетингової оцінки ринку соусної продукції України, адже грибні соуси чудово поєднуються як із закусками, так і з основними овочевими й м'ясними стравами.

Гриби, які культивуються вітчизняними аграрними господарствами, а саме печериці (*Agaricus campestris*), рейші (*Ganoderma lucidum*) і шиїтаке (*Lentinula edodes*), містять цілий комплекс есенціальних харчових речовин, таких як незамінні амінокислоти, вітаміни, флавоноїди. Фізіологічний і

терапевтичний ефект грибів печериць, шиїтаке й рейші як потужних імуностимуляторів та антиоксидантів доведено низкою науковців [8]. Хімічний склад і фізіологічний вплив на організм людини грибів шиїтаке та рейші, а також специфіку їх культивування досліджено в працях [9]. Авторами запропоновано вживання культивованих грибів печериць, шиїтаке, рейші як дієтичних добавок. Проаналізовано вміст найважливіших біологічно активних речовин культивованих грибів [10], однак недоліком праці є відсутність інформації щодо технологій харчової продукції з культивованих грибів.

Закордонними науковцями проведено аналіз позитивного впливу на організм людини харчових добавок з культивованих грибів і продуктів їх переробки, зокрема й сушених грибів [11], однак не наведено можливі варіанти використання сушених грибів і порошку з них харчовими виробництвами.

Досліджено окремі аспекти виробництва порошкових грибних напівфабрикатів з гливи та печериці [12], виявлено наявність біологічно-активних речовин у грибному напівфабрикаті з печериць, отриманого при різних режимах термічної обробки [13]. Запропоновані методики консервації грибів, у тому числі їх сушіння, мають обмежене впровадження в практику внаслідок високої вартості обладнання для виробництва порошкового напівфабрикату.

Питання розробки технології виробництва емульсійних соусів підвищеної біологічної цінності з грибним порошком з печериць, шиїтаке, рейші не висвітлено в літературі. Тому розробка ресурсозберігаючих технологій виробництва емульсійних грибних соусів з грибним порошком є перспективною та актуальною.

Постановка завдання. Мета дослідження – розробка технології виробництва соусу грибного підвищеної біологічної цінності з грибними порошками печериць (*Agaricus campestris*), рейші (*Ganoderma lucidum*) і шиїтаке (*Lentinula edodes*) з прогнозованим хімічним складом і структурно-механічними властивостями. Комплексна оцінка якості новоствореного продукту.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Проаналізувати асортимент соусів підвищеної біологічної цінності для закладів ресторанного господарства.

2. Запропонувати рецептуру й технологію виробництва емульсійного соусу грибного «Салатний грибний» з грибним порошком, який

має підвищений уміст біологічно-активних речовин і високі споживчі якості.

Методи дослідження. Відбір проб для досліджень проводили згідно з ГОСТ 30004.2, ГОСТ 26668, ГОСТ 26929. Отримання грибних порошоків проведено методом комбінованого конвекційного сушіння в сушильних шафах СП-50 і подрібнено на лабораторному млині М-20 (ІКА).

Стійкість емульсії визначали методом центрифугування ГОСТ 30004.2.

Активну кислотність емульсійних соусів визначали рН-метром WTW inoLab pH 730, згідно з ГОСТ 30004.2. Уміст сухих речовин – рефрактометричним методом на рефрактометрі АТАГО RX-5000 згідно з ГОСТ 28562:90. Біозасвоюваність білків оцінювали згідно з ДСТУ 7617:2014.

Органолептичну оцінку якості соусів проводили сенсорним методом за ГОСТ 5897:90. Дослідження проведені в трикратному повторюванні. Результати досліджень оброблено з використанням методів математичної статистики. Визначення похибки проводили при довірчій ймовірності $P=95\%$.

Комплексну оцінку якості проводили за загальноприйнятим кваліметричним методом.

Емульсії створювали за допомогою емульсифікатора ІКА-T18 basic фірми ULTRA-TURRAX.

Оптимізацію рецептури новоствореного соусу проводили методом повнофакторного експерименту за заданими критеріями відповідно до складеної матриці рототабельного центрального композиційного уніформ-планування (РЦКП) за допомогою функції «Пошук рішень» програмного забезпечення MS Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розробці технології та рецептури емульсійного соусу передувала розробка технології сушіння грибів для отримання грибного порошку. Технологічна схема виробництва грибних порошоків складається з таких підсистем: 1 – «Механічна кулінарна обробка грибів», 2 – «Просушування та подрібнення грибів», 3 – «Комбіноване сушіння грибів з волого відведенням», 4 – «Подрібнення сушених грибів», 5 – «Отримання грибного порошку». Патент № 120650 [14].

Наступним етапом була оптимізація вмісту грибних порошоків у рецептурі інноваційного емульсійного соусу за методом планування експерименту. Планування експерименту виконано за ортогональним симетричним планом Бокса-Бенкіна. Як функцію відгуку обрано хімічний склад грибів, а саме амінокислотний скор і біологічну цінність білка. У ході математичних розрахунків

отримано оптимальне співвідношення грибних порошоків печериць, шії таке, рейші в грибному порошок для виробництва соусу грибного, що дорівнювало 60:20:20, де 60 – порошок печериць, 20 – шіітаке, 20 – рейші.

На основі отриманих розрахункових даних розроблено рецептуру соусу емульсійного з грибними порошками – «Салатний грибний» (див. табл. 1). Було прийнято рішення в якості емульгатора соусу використати грибний порошок, отриманий за технологією описаною вище, оскільки, завдяки наявності у своєму складі білків, грибний порошок проявляє емульсійні властивості. Таким чином можна замінити яйця, які входять в рецептуру контрольного соусу №884 Збірника рецептур страв та кулінарних виробів [15] і частково зменшити закладку борошна.

Таблиця 1

Рецептурний склад
емульсійного грибного соусу

Назва сировини	Маса сировини нетто, г	
	Контроль «Соус майонез» рец. № 884 (III колонка)	Зразок 1. Соус «Салатний грибний»
Грибний порошок печериці	-	30,0
Грибний порошок шіітаке	-	10,0
Грибний порошок рейші	-	10,0
Концентрат сироваткових білків КСБ-80	-	-
Борошно	50,0	25,00
Яйця (жовтки)	48,0	-
Гірчиця столова	25,0	
або гірчичний порошок		10,0
Цукор	20,0	20,0
Оцет 9%	50,0	-
Кислота лимонна		5,0
Олія	375,0	350,0
Вода (бульйон)	500,0	550,0
Сіль	10,0	10,0
Перець білий мелений	0,5	1,0
Вихід	1000	

Таким чином, рецептура новоствореного соусу містить грибний порошок в кількості 40%, зменшено закладку борошна на 50 %, порівняно з контрольним варіантом. Гірчицю замінено на гірчичний порошок, а оцет – лимонною кислотою,

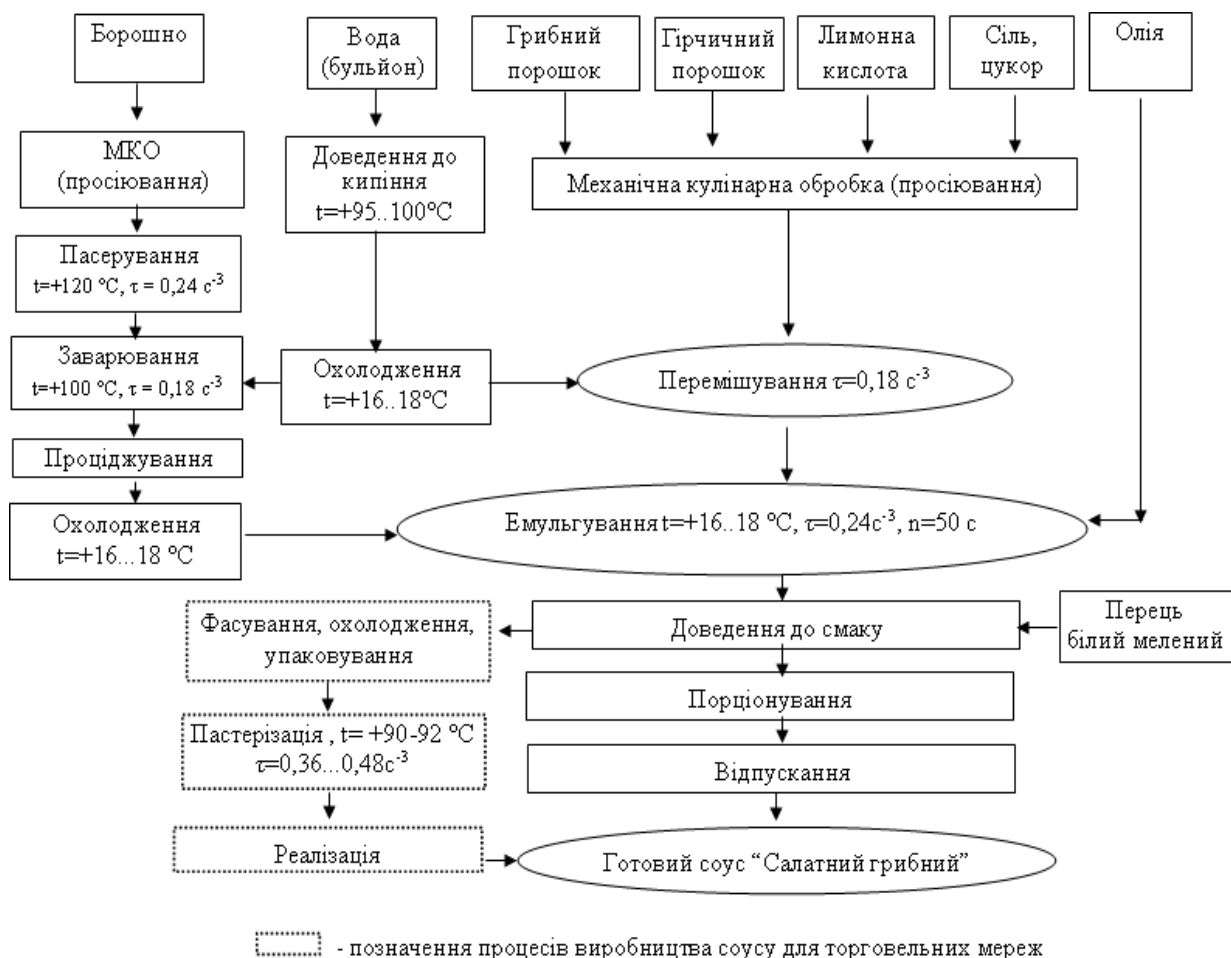


Рис. 1. Технологія виробництва соусу «Салатний грибний»

згідно норм взаємозаміни продуктів при приготуванні страв,[15] з метою оптимізації технології приготування соусу на першому етапі його виробництва – змішування сухих компонентів з подальшим їх розчинення та емульгуванням.

Технологічна схема новоствореного продукту має вигляд представлений на рис. 1

Для комплексної оцінки якості новоствореного соусу проведено дослідження фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників якості соусу «Салатний грибний» і соусу «Майонез», приготовленого за рецептом № 884.

Оскільки для соусів грибних, приготовлених згідно зі Збірником рецептур, не наводяться показники якості в інших нормативних документах (ТУ й ДСТУ), для розрахунку еталонних і бракувальних показників якості обрано застосувати експоненціальну залежність, покладену в основу шкали бажаності Харрінгтона. На цій шкалі використовуються 5 інтервалів у загальній шкалі від 1 до 0: 1,00...0,8 – дуже добре; 0,80...0,63 – добре;

0,63...0,37 – задовільно; 0,37...0,20 – погано; 0,20...0...0,00 – дуже погано.

Вибір оцінок 0,8 і 0,37 обирається у зв'язку зі зручністю їх обчислення: $0,37 \approx 1/e$; $0,8 \approx 1,5-1/e$.

Оцінки еталонні й бракувальні значення одиничних показників за безрозмірною шкалою Харрінгтона будуть, відповідно, дорівнювати 1,00 і 0,37, показники якості контрольного зразку приймаються за 0,8.

Інтервал значень показників між цими (1,0...0,37) оцінками й нижче за 0,37 обраний з урахуванням забезпечення рівномірності шкали оцінювання якості соусів, а також із практичних і логічних міркувань.

Відносний показник якості знаходили за формулою:

$$P_i = \frac{(P_i - P_{\text{іор}})}{(P_{\text{ет}} - P_{\text{іор}})},$$

де P_i – показник якості в безрозмірному вигляді (відносний показник);

P_i – показник якості в натуральному вигляді;

$P_{\text{іор}}$ – бракувальне (найгірше) допустиме значення показника;

Визначення комплексного показника якості емульсійного соусу «Салатний грибний»

Одиничні показники якості	A _i	Одиниця вимірювання	P _{ет}	P _{іор}	Соус «Салатний грибний»		Контроль	
					p _i	P _i	p _i	P _i
Органолептичні показники								
Зовнішній вигляд, консистенція	0,2	бали	5,0	2,0	4,56	0,85	4,83	0,94
Колір	0,2		5,0	2,0	4,85	0,95	4,83	0,94
Смак і запах	0,2		5,0	2,0	4,61	0,87	4,8	0,93
Фізико-хімічні показники								
Масова частка сухих речовин	0,07	%	52,0	16,0	40,6	0,68	41,42	0,71
Активна кислотність	0,06	од.	5,15	1,91	4,47	0,79	4,12	0,68
Титрувальна кислотність	0,07	%	0,3	0,9	0,53	0,61	0,71	0,38
Структурно-механічні показники								
В'язкість	0,1	Па•с-1	1,5	0,45	0,7	0,24	1,2	0,71
Стійкість емульсії	0,1	%	100	45	97	0,95	98	0,96
Харчова цінність								
Білки	0,05	%	2,6	1,0	2,23	0,89	2,1	0,59
Жири	0,05		45,0	14,5	28,2	0,45	39,5	0,82
Вуглеводи	0,05		4,5	1,7	4,1	0,86	3,62	0,65
Біозасвоєваність білків	0,05		60	17,5	36,9	0,46	47,18	0,70
Комплексний показник якості Q	0,92		0,91					

$P_{ет}$ – еталонне (найкраще) значення показника.

За еталонне значення для всіх органолептичних показників узято оцінку 5 балів, за бракувальне – 2 бали.

Комплексний показник якості соусів розраховано на основі відносного показника P_i з урахуванням коефіцієнтів вагомості за формулою:

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i \cdot P_i,$$

де Q – комплексний показник якості;

a_i – коефіцієнт вагомості.

Коефіцієнт вагомості a_i одиничних показників якості обраховували як середній зважений арифметичний відносний показник за номінальними і гранично допустимими значеннями показників якості.

Дані досліджень зведено в таблицю 2.

Зарезультатами розрахунків, комплексний показник якості контрольного зразку соусу «Майонез» становить 0,91, а соусу «Салатний грибний» – 0,92. Отже, розроблений соус не поступається за своїми споживчими властивостями контрольному зразку, має показники якості, наближені до контролю. Соус «Салатний грибний» має високу харчову цінність: умісту білків, вуглеводів. До того ж новостворений соус має нижчу калорійність, порівняно з контр-

одем, – 272,47 ккал, тоді як калорійність контрольного соусу – 379,2 ккал. Тому є перспективним для використання в дієтичному харчуванні.

Розроблений соус «Салатний грибний» рекомендується подавати до холодних закусок: салатів, страв з м'яса, нежирних сортів риби, овочів у кількості 30–50 г на порцію.

Висновки. Отже, з урахуванням викладеного вище можемо резюмувати таке:

1. Запропоновано технологію виробництва грибних порошоків з печериці, шиїтаке, рейші.

2. Проведено розрахунки щодо оптимального вмісту грибних порошоків з печериці, шиїтаке та рейші для приготування емульсійного соусу «Салатний грибний».

3. Розроблено й обґрунтовано рецептуру, технологію виробництва соусу «Салатний грибний», який має високі споживчі властивості. Так, кількість білків, що містяться у 100 г продукту, – 2,23 г, кількість жирів – 28,2 г, вуглеводів – 4,1 г. Біозасвоєваність білків соусу становить 36,9%.

4. Проведено комплексну оцінку якості інноваційного соусу, встановлено, що розроблений соус має фізико-хімічні і структурно-механічні властивості, наближені до контрольного варіанта, а саме: масову частку сухих речовин – 40,6%, активну

кислотність – 4,49 од., ефективну в'язкість – 0,7 Па•с при швидкості зсуву 100 с⁻¹, стійкість емульсії – 97%. Комплексна оцінка якості новоствореного соусу – 0,92, що незначною мірою перевищує показник контрольного варіанта, соусу «Майонез», приготовленого за рецептом № 884 Збірника рецептур. Комплексний показник якості контрольного зразка дорівнює 0,91.

Отже, отримання емульсійних соусів грибних є технологічно можливим та економічно вигідним; отримані дані позитивно корелюють з органолептичною оцінкою якості соусу грибного «Салатний грибний».

Список літератури:

1. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций. Регулярный обзор продовольственной безопасности. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций. URL: <http://www.fao.org/3/a-i6877r.pdf> (дата звернення: 22.06.2018).
2. Жукевич О. Виробництво та споживання соусів в Україні. Товари і ринки. 2012. № 1. С. 37–45. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/товару_2012_1_6.pdf (дата звернення: 08.09.2018).
3. Технологія соусів емульсійного типу підвищеної харчової цінності / Г.М. Лявинець, А.В. Гавриш, О.В. Неміріч, Л.Ю. Арсеньєва. Наука та інновації. 2013. Т. 9. № 6. С. 15–19.
4. Загальна технологія харчових виробництв: навчальний посібник / Харківський держ. ун-т харчування і торгівлі. Харків, 2016. 497 с. URL: <http://elib.hduht.edu.ua/bitstream/123456789/1007/1/82.pdf> (дата звернення: 08.09.2018).
5. Горальчук А.Б. Технологія термостабільних емульсійних соусів на основі овочевої сировини: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.16. Харків, 2008. 279 с.
6. Антоненко А.В. Якість та безпечність соусів підвищеної харчової цінності. Товари і ринки: міжнародний науково-практичний журнал. 2014. № 1. С. 166–174.
7. Корзун В., Антонюк І. Солодкі соуси для профілактики йоддефіцитних захворювань. Товари і ринки: міжнародний науково-практичний журнал. 2012. № 1. С. 89–94.
8. Peter C.K. Cheung. Mushrooms as functional foods / by John Wiley & Sons, Inc. Hoboken. New Jersey, 2008. 259 p.
9. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре: сборник научных трудов: в 2 т. / под ред. С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 2011. Т. 1. 212 с.
10. Chang S.T., Miles Ph.G. Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact. Boca Raton: CRC Press, 2004. 480 p. URL: <http://doi.org/10.1201/9780203492086>.
11. Wasser S., Weis A. International Journal of Medicinal Mushrooms. 1999. V. 3. P. 31–39.
12. М'ячикова Н.І. Технологія напівфабрикатів з культивованих грибів глива звичайна та кулінарної продукції з їх використанням: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.18.16. Харків, 2006. 285 с.
13. Черно Н.К. Технологія дієтичних добавок із печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*). Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2016. Вип. 1. С. 102–112. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2016_1_11.pdf (дата звернення: 22.08.2018).
14. Спосіб виробництва порошку грибного з печериць, шіітаке та фламуні: пат. 120650 Україна: А 23 L 27/10. № u201705437; заявл. 02.06.2017; опубл. 10.11.2017. Бюл. № 21. 4 с.
15. Здобнов А.И. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: для предприятий общественного питания. Киев: ООО Издательство «Арий», 2009. 680 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОУСА ГРИБНОГО

В статье объектом исследования является технология эмульсионного грибного соуса. В ходе исследования проанализирован ассортимент соусов эмульсионного типа и тенденции обогащения их биологически активными веществами. Разработана технология соуса грибного повышенной биологической ценности с функциональными ингредиентами – грибными порошками из шампиньонов, рейши и шиитаке. Проведена комплексная оценка качества нового продукта. Установлено, что соус с грибным порошком имеет высокую биологическую ценность, оптимальные реологические и органолептические показатели качества. Разработанная технология ресурсосберегающая, поскольку подразумевает использование грибного порошка, изготовленного из некондиционного грибного сырья. Это позволит расширить ассортимент эмульсионных соусов грибных для пищевых производств, способствует обогащению их биологически активными веществами.

Ключевые слова: технология эмульсионного соуса, функциональные ингредиенты, грибной порошок, комплексная оценка качества.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES AND COMPLEX ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE MUSHROOM SAUCE

The object of the study is the technology of emulsion mushroom sauce. In the course of the research, the assortment of emulsion type sauces and the trends in the enrichment of their biologically active substances were analyzed. The technology of the sauce of the mushroom of high biological value with functional ingredients-mushroom powders from champignon, raishie and shiitake. A comprehensive assessment of the quality of the newly created product is the carried out. It has been established that sauce with mushroom powders has high biological value, optimal rheological and organoleptic quality indicators. The proposed innovation technology is efficient because it involves the production of sauce with mushroom powders, which are made from non-standard mushroom raw materials. The introduction of the developed technology will expand the range of mushroom sauces for food production, will promote the enrichment of emulsion-type sauces with essential and biologically active substances.

Key words: *emulsion sauce technology, functional ingredients, mushroom powder, complex quality assessment.*

УДК 637.52:641:620.20

Крамаренко Д.П.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Гіренко Н.І.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Ревякіна О.О.

Державний заклад «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ І БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ НОВОГО КОМБІНОВАНОГО ФАРШУ З М'ЯСОМ ТА РОСЛИННИМИ ГІДРОБІОНТАМИ

Стаття присвячена дослідженню харчової цінності нового комбінованого фаршу з м'ясом та рослинними гідробіонтами. У статті наведені органолептичні і фізико-хімічні показники нового фаршевого напівфабрикату, зроблений аналіз біологічної цінності його білкового складу і порівняльна оцінка його харчової цінності з наявним аналогом. Встановлено, що його біологічна цінність на 3,93% вища за контрольний зразок, також він містить на 65% більше мінеральних речовин і на 30,5% – харчових волокон. Новий фарш містить до $1,32 \pm 0,02$ мг% йоду, що свідчить про можливість використання виробів із фаршу і продуктів із його вмістом у лікувально-профілактичному харчуванні.

Ключові слова: фарш, харчова цінність, гідробіонти, біологічна цінність, йодовмісна добавка.

Постановка проблеми. Потреба населення нашої планети в продуктах харчування нині повністю не задовольняється. Особливо гостро при цьому відчувається дефіцит білка. Недоліки продуктів харчування, що зумовлені їх зниженою калорійністю та біологічною цінністю, зачіпають одну шосту, а дефіцит повноцінного білка в раціонах харчування – дві третини населення планети. Збагачення харчових продуктів – це цілеспрямована зміна традиційної структури харчування людини, що складалася віками і актуальна задача сучасної харчової технології. Необхідність її продиктована об'єктивними змінами нашого способу життя, набору і харчової цінності використовуваних продуктів харчування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвитку теоретичних основ і практичних аспектів розроблення та використання нових продуктів із комбінованим складом та підвищеною харчовою цінністю присвячені праці вітчизняних і зарубіжних вчених: Г.Г. Гаппарова, К.Г. Іоргачової, Л.В. Капрельянца, В.Н. Корзуна, А.А. Кочеткової, П.П. Півоварова, М.І. Пересічного, Л.В. Пешук, Г.О. Сімахіної, В.А. Тутельяна, Б.А. Шендерова, Л.М. Шатнюк, А.І. Українця, О.І. Черевка, К.Н. Honikel, F. Jimenez-Colmenero, T. Mizota, D. Potter, M.V. Roberfroid та ін. [1].

Завдяки високому природному вмісту повноцінних білків, вітамінів групи В і мінеральних

речовин (заліза, фосфору, калію, цинку та ін.) м'ясна сировина є цінним об'єктом для створення функціональних харчових продуктів, нутрієнтний склад яких доцільно збагатити есенціальними мікронутрієнтами, у т.ч. мінорними біологічно активними речовинами [2].

Перспективним шляхом нових технологій комбінованих кулінарних виробів підвищеної харчової цінності є використання рослинних добавок із гідробіонтів як природного джерела макро- та мікроелементів, особливо йоду, селену, функціональних поліцукридів, вітамінів та інших біологічно активних речовин [1; 3]. При створенні нових продуктів ми використовували порошки рослинних гідро біонтів (водоростей – цистозіри і ламінарії) та рослин (зостери і ряски малої).

У зв'язку із вищесказаним дослідження, спрямовані на розробку комбінованих фаршевих продуктів із м'ясною сировиною та рослинними гідробіонтами, є актуальними.

Ґрунтуючись на даних, отриманих під час проведення експериментів, з урахуванням відомостей, що містяться в науково-технічній літературі, була розроблена технологія одержання напівфабрикату комбінованого фаршу м'ясною сировиною та рослинними гідробіонтами. В розробленій технології передбачено використання фаршу з подрібненої яловичини, а також введення

до складу фаршу йодовмісних добавок порошок рослинних гідробіонтів (у дослідних зразках використовували порошок водорості цистозіри). В загальному вигляді спосіб одержання комбінованого фаршу з м'ясом та рослинними гідробіонтами здійснюється таким чином. Подрібнюють м'ясо котлетне, цибулю ріпчасту очищену, квасоллю відварну і припущені печериці та перемішують, під час перемішування додають яйця курячі або меланж, емульсійну систему з гідролізатом колагену риби на основі соняшникової олії і жиру свинячого, січену зелень, перець чорний мелений та сіль кухонну, порошок рослинного гідробіонта, після перемішування шприцюють у целофанову оболонку, охолоджують до температури 3–5°C або заморожують до досягнення температури в центрі батону -17...-19°C.

Постановка завдання. Оскільки розроблений напівфабрикат є нетрадиційним продуктом, запланованим до подальшого використання при виробництві кулінарної продукції, метою досліджень було дослідити нутрієнтну адекватність та біологічну цінність розробленого комбінованого фаршу з м'ясною сировиною.

Об'єктом дослідження була харчова і біологічна цінність нового комбінованого фаршу з м'ясною сировиною та рослинними гідробіонтами.

Предметом дослідження була модельна система комбінованого фаршу з м'ясною сировиною та рослинними гідробіонтами.

Хімічний склад комбінованого напівфабрикату досліджували за стандартними методиками [4]: масової частки води – методом висушування; жиру – екстракційно-ваговим методом в апараті Сокслета; білка – визначенням загального азоту за методом К'ельдаля, золи – ваговим методом. Органолептичну оцінку комбінованого напівфабрикату здійснювали за загальноприйнятими методиками [4–6]. Вміст мінеральних елементів визначено методом рентгенофлуоресцентного аналізу, вміст кальцію і фосфору – колориметричним методом, амінокислотний склад – іонообмінною рідинно-колонтатою хроматографією [7]. Як контрольний зразок використовували фарш м'ясний із цибулею № 1115 [8,9].

Виклад основного матеріалу дослідження. Поняття «харчова цінність» охоплює не тільки кількісне співвідношення харчових речовин і сумарну енергетичну цінність продукту, але й органолептичну характеристику виробу.

Органолептичні показники якості фаршу наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Органолептичні показники комбінованого фаршу м'ясом та рослинними гідробіонтами

Найменування показників	Характеристика показників
Зовнішній вигляд	Пластична однорідна маса, без грудок та розшарування
Колір	Біло-сірий, із темними краплями водоростей, зелені та перцю
Консистенція	Ніжна, така, що маститься
Смак і запах	М'ясний, із присмаком зелені

Дані табл. 1 свідчать про високий рівень органолептичних властивостей фаршу, що дає змогу їх широко використовувати при виробництві кулінарної продукції в харчовій промисловості та на підприємствах ресторанного господарства.

Хімічний склад фаршу порівняно з контрольними зразками наведений у табл. 2. Як свідчать дані табл. 2, за вмістом більшості нутрієнтів розроблений напівфабрикат перевищує контрольний зразок. Так, за вмістом білка фарш поступається контрольному зразку на 39,8%, що пов'язано зі значним вмістом рослинних компонентів. Але це ще не визначає біологічну цінність фаршу, адже найбільш важливим є не кількість амінокислот, а збалансованість їх співвідношення у продукті. Щодо вмісту вуглеводів, то за цим показником розроблений фарш перевищує контрольний зразок, а за калорійністю цілком порівняний із контрольним зразком. За вмістом золи новий фарш перевищує контрольний зразок на 65,0%, що, на наш погляд, є наслідком вмісту в рецептурах фаршів рослинних гідробіонтів. Треба зазначити в розробленому продукті порівняно з контролем підвищений вміст (на 30,5%) харчових волокон, які відіграють важливу роль у процесах травлення.

Таблиця 2

Хімічний склад фаршу, %

Показник	Назва фаршу	
	Контроль	Комбінований фарш із м'ясом та рослинними гідробіонтами
Сухі речовини	29,9	33,56±0,2
Білок	15,8	9,51±0,1
Жир	11,1	14,3±0,1
Вуглеводи, в т.ч.		
моно- і дисахариди	1,2	1,25±0,2
крохмаль	0,7	0,47±0,1
Харчові волокна	1,28	1,67±0,3
Зола	1,6	2,64±0,1
Енергетична цінність, ккал/100г	169	185,71±0,1

Оскільки розроблений фарш відрізняється високим вмістом білка, досліджували його амінокислотний склад (табл. 3).

Для визначення біологічної цінності і наявності лімітуючих амінокислот у білках дослідних продуктів розраховували скор незамінних амінокислот і порівнювали його зі стандартом ФАО/ВООЗ. Результати досліджень наведені в таб. 3. Аналіз даних табл. 3 свідчить, що в складі білків фаршу лімітуючою амінокислотою є валін, рівень всіх незамінних амінокислот перевищує стандарт ФАО/ВООЗ, що само по собі свідчить про високу біологічну цінність продуктів. Білки контрольного зразка мають як лімітуючі амінокислоти, як і дослідний зразок суму метіоніну та цистину.

Таблиця 3

Амінокислотний скор фаршу

Найменування амінокислоти	Рекомендований ФАО/ВООЗ рівень вмісту, мг у 1 г білка	% до стандарту	
		Назва фаршу	
		Контроль	Комбінований фарш із м'ясом та рослинними гідробіонтами
Ізолейцин	40	102	111
Лейцин	70	89	115
Метіонін + цистин	35	87	109
Лізин	55	129	147
Фенілаланін + тирозин	60	106	134
Треонин	40	94	111
Триптофан	10	111	127
Валін	50	96	111

Відомо, що можливість утилізації білків визначена мінімальним скором якоїсь однієї з амінокислот. У зв'язку із цим був проведений розрахунок показників біологічної цінності (БЦ) фаршів (таблиця 4).

Установлено, що БЦ розробленого фаршу на 3,93% більше, ніж у контрольного зразка, що пояснюється високим коефіцієнтом різниці амінокислотного скору (на 22,31%).

Відомо, що для утворення в організмі людини необхідних білкових елементів у складі їжі білки мають забезпечувати його взаємно збалансованими кількостями незамінних амінокислот. Для характеристики цього показника використовували коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, яка характеризує збалансованість незамінних амінокислот стосовно фізіологічно необхідної норми

(еталонному значенню). Чим вищим є значення коефіцієнта утилітарності, тим кращою є збалансованість амінокислоти в білку і більш раціонально вони можуть бути використані організмом.

Коефіцієнт порівняної надмірності характеризує сумарну масу незамінних амінокислот, що не використані на анаболічні потреби в такій кількості білка продукту, яка еквівалентна потенційно утилізованому вмісту 100 г білка еталона. Чим меншим є значення коефіцієнта порівняної надмірності, тим краще збалансовані незамінні амінокислоти й тим раціональніше вони можуть бути використані організмом [1].

Таблиця 4

Порівняльна характеристика показників біологічної цінності фаршів

Показник	Назва фаршу	
	Контроль	Комбінований фарш із м'ясом та рослинними гідробіонтами
Коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС), %	14,97	11,63
Біологічна цінність білків (БЦ), %	85,03	88,37
Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу (U)	0,86	0,90
Показник надлишковості вмісту незамінних амінокислот, г/100 г білка (σ_n)	5,25	4,44
Коефіцієнт співвідносної надлишковості, г/100 г білка (σ_c)	0,06	0,04

За значенням коефіцієнта утилітарності амінокислотного складу розроблений фарш на 0,04 перевищує контроль, що є доволі високим показником, зважаючи на те, що контрольний зразок складається переважно з м'ясної сировини. За показниками надлишкового вмісту незамінних амінокислот і коефіцієнту співвідносної надлишковості показники розробленого фаршу нижче контролю на 15,43%, що свідчить, що більшість амінокислот у розробленому продукті буде використовуватися організмом саме на пластичні потреби.

При розробці рецептур харчових продуктів, збагачених йодом, необхідно враховувати вміст у сировині не тільки йоду, але й інших мікро-

макронутрієнтів. Насамперед, це стосується білка певного амінокислотного складу. Відомо, що навіть за умови достатнього надходження йоду в організм синтез гормонів щитовидної залози неможливий у відсутності амінокислот, що зв'язує йод в організмі людини. Тому при проектуванні збагачених йодом харчових продуктів деякі автори рекомендують використовувати сировину, 100 г білка якої містить не менш 3,5 г сіркуотримуючих (метіонін + цистин) і не менш 4,1 г ароматичних (фенілаланін + тирозин) амінокислот [10].

Наведені дані вказують на те, що в розробленому фарші вміст сіркуотримуючих і ароматичних амінокислот становить 4,01 і 8,45 г/100 г білка відповідно.

Результати дослідження мінерального складу фаршів наведені в табл. 5.

Таблиця 5
Мінеральний склад фаршу, мг/100 г

Мінеральні речовини	Назва фаршу	
	Контроль	Комбінований фарш із м'ясом та рослинними гідробіонтами
Макроелементи		
Натрій	341	28,5±0,2
Калій	298	300,1±0,1
Кальцій	14	87,29±0,3
Магній	24	51,5±0,2
Фосфор	149	284,43±0,3
Мікроелементи		
Залізо	1,0	3,32±0,1
Марганець	0,03	0,44±0,2
Йод	0,01	1,32±0,2
Цинк	0,32	0,55±0,3
Мідь	0,07	0,18±0,2

З табл. 5. очевидно, що за вмістом всіх зольних елементів розроблений фарш перевищує показники контрольного зразка. Розроблений напівфабрикат є гарним джерелом кальцію, калію, а з мікроелементів – заліза, йоду, цинку.

За вмістом всіх мікроелементів, зазначених в табл. 5, розроблений фарш значно перевищує контрольний зразок. Особливо треба відзначити високий вміст такого важливого мікроелемента, як йод. Вміст йоду в розробленому фарші перевищує цей показник у контрольному зразку, що, на наш погляд, свідчить про можливість використання виробів із фаршу і продуктів із його використанням для профілактики йододефіцитних захворювань.

Вміст вітамінів у розробленому комбінованому фарші з рибною сировиною наведено в табл. 6.

Таблиця 6
Вітамінний склад фаршу, мг/100 г

Вітаміни	Назва фаршу	
	Контроль	Комбінований фарш із рибною сировиною та рослинними гідробіонтами
A (ретинол)	0,02	1,02±0,01
β-каротин	0,03	12,31±0,02
B ₁ (тіамін)	0,06	0,38±0,03
B ₂ (рибофлавін)	0,14	0,51±0,02
PP (ніацин)	3,72	6,46±0,01
C (аскорбінова кислота)	1,40	4,55±0,01
E (токоферол)	0,58	7,95±0,01

Вивчення вітамінного складу дослідних продуктів показує, що комбінований фарш є гарним джерелом водорозчинних і жиророзчинних вітамінів, за вмістом яких він перевищує контрольний зразок.

Так, у розробленому фарші в значній кількості наявні ретинол та β-каротин, що, ймовірно, є наслідком вмісту в рецептурі напівфабрикату добавок рослинних гідробіонтів.

Особливо варто зазначити високий вміст у фарші токоферолу, що бере участь у процесах тканинного дихання і сприятливого засвоєння білків і жирів та проявляє антиоксидантні властивості.

Висновки. Визначено показники, що характеризують харчову цінність розробленого фаршу. Встановлено, що розроблений продукт перевершує контрольний зразок за вмістом золи на 65,0%, харчових волокон – на 30,5%. Білок нового фаршу більше збалансований за амінокислотним складом, ніж білок контрольного зразка, і відрізняється підвищеною біологічною цінністю, про що свідчить високий показник біологічної цінності, який на 3,93% більше ніж у контрольного зразка. За вмістом мінеральних елементів і вітамінів розроблений продукт також перевершує контрольний зразок. Варто зазначити високий вміст йоду та достатню кількість сіркуотримуючих і ароматичних амінокислот для його засвоєння організмом. Перспективою подальших досліджень є розробка технологій продуктів із використанням нового комбінованого фаршу м'ясом та рослинними гідробіонтами з урахуванням даних про його хімічний склад та вимог до збалансованого і лікувально-профілактичного харчування і дослідження якості нових продуктів.

Список літератури:

1. Мазаракі А.А., Кравченко М.Ф., та ін. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: монографія / за ред. М.І. Пересічного. Київ: Укр. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. 1116 с.
2. Віннікова Л.Г. Теорія і практика переробки м'яса. Измаїл, 2000. 172 с.
3. Божко Н.В. Оптимізація рецептури м'ясних хлібів з використанням гідробіонтів / Н.В. Божко, В.І. Тищенко, В.М. Пасічний. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2017. Т. 19. № 80. С. 38–42.
4. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва, 2004. 571 с.
5. ГСТУ 46.020-2002 Напівфабрикати м'ясні. Фарш. Технічні умови.
6. Вытовтов А.А. Теоретические и практические основы органолептического анализа продуктов питания. Санкт-Петербург, 2010. 232 с.
7. Скурихин И.М. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. Москва, 1998. 380 с.
8. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Москва, 1983. 720 с.
9. Химический состав блюд и кулинарных изделий. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности блюд и кулинарных изделий: В 2-х т. / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. Москва. 1994. 463 с.
10. Парахонский, А.П. Актуальные проблемы рационального питания населения. Современные наукоемкие технологии. 2005. № 6. С. 43–44.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ НОВОГО КОМБИНИРОВАННОГО ФАРША С МЯСОМ И РАСТИТЕЛЬНОМУ ГИДРОБИОНТАМИ

Статья посвящена исследованию пищевой ценности нового комбинированного фарша с мясом и растительными гидробιονтами. В статье приведены органолептические и физико-химические показатели нового фаршевого полуфабриката, проведен анализ биологической ценности его белкового состава и сравнительная оценка его пищевой ценности с существующим аналогом. Установлено, что его биологическая ценность на 3,93% превышает контрольный образец, также он содержит на 65,0% больше минеральных веществ и на 30,5% – пищевых волокон. Новый фарш содержит до $1,32 \pm 0,02$ мг% йода, что свидетельствует о возможности использования изделий из фарша и продуктов с его содержанием в лечебно-профилактическом питании.

Ключевые слова: фарш, пищевая ценность, гидробіонты, биологическая ценность, йодсодержащая добавка.

INVESTIGATION OF NUTRITIVE AND BIOLOGICAL VALUE OF NEW COMBINED MINCED MEAT WITH MEAT MATERIALS AND PLANT HYDROBIONTS

This article addresses the investigation of the nutritive value of new combined minced meat with meat materials and plant hydrobionts. It presents the organoleptic and physicochemical parameters of a new stuffed semi-finished product, an analysis of the biological value of its protein composition and a comparative assessment of its nutritive value with the existing analogue. Its biological value is established to be greater for 3,93% than that of the control sample and it contains for 65,0% more minerals and for 30,5% of dietary fibers. New minced meat contains up to $1,32 \pm 0,01$ mg% of iodine, which represents the possibility to use articles of minced meat and products with its use in healthful and dietary meals.

Key words: minced meat, nutrition value, hydrobionts, biological value, iodinated supplement.

УДК 621.37:637.142

Маринін А.І.

Національний університет харчових технологій

Прохоренко Ж.І.

Національний університет харчових технологій

Мартиненко Т.А.

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ЕГО НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ, СОКОСТРУЖКОВОЇ СУМІШІ

Стаття присвячена дослідженню характеру впливу електрогідравлічного оброблення (ЕГО) на якісні показники та температуру обробки сокостружкової суміші. У Проблемній науково-дослідній лабораторії Національного університету харчових технологій були проведені експериментальні дослідження з метою вивчення дії впливу ЕГО на якісні показники сокостружкової суміші. Встановлено, що Електрогідравлічне оброблення сокостружкової суміші з подальшою температурою екстрагування 60°C дає змогу отримати максимальний приріст чистоти дифузійного соку – 1,98%, при цьому вміст пектинових речовин зменшується на 23%, високомолекулярних сполук – на 46%, загального азоту – на 36 %.

Ключові слова: електрогідравлічне оброблення (ЕГО), дифузійний сік, температура, сокостружкова суміш.

Постановка проблеми. Класична схема добування дифузійного соку передбачає теплове оброблення сокостружкової суміші в ошпарювачі при температурі близько 85°C із наступним екстрагуванням у режимі 75°C [1]. Але високі температурні режими погіршують якісні показники отриманих продуктів, послаблюють пружність стружки, погіршують процес масовіддачі. Таким чином, основною проблемою при вилученні цукрози з бурякової стружки є створення необхідних умов для прискорення, інтенсифікації процесу екстрагування та покращення якості отриманих продуктів та напівпродуктів. Серед факторів, які впливають на швидкість протікання дифузії, є властивість екстрагенту, якість бурякової стружки, різниці концентрацій, температура та гідродинамічні умови дії на оболонку клітини, яка створює основний опір процесу дифузії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Низкою дослідників [2, с. 243; 3, с. 20; 4, с. 42; 5, с. 189; 6, с. 121; 7, с. 158; 8, с. 92; 9, с. 186; 10, с. 147; 11] доведено перспективність електрофізичної обробки як напряму для харчової промисловості з метою інтенсифікації технологічних процесів і поліпшення якості продуктів і напівфабрикатів, зокрема для виробництва цукру, крохмалю, інуліну, фруктози тощо.

Як відомо, при електроіскровому розряді в рідині теплова дія на об'єкт практично відсутня,

а механічний вплив відбувається внаслідок безпосереднього електричного контакту через рідинну фазу [12, с. 128]. Водночас основним джерелом впливу на внутрішні дифузійні процеси при акустичному екстрагуванні є пружні хвилі, що виникають під час розряду.

Встановлено, якщо рідину піддати дії електрогідравлічному удару, з тривалістю імпульсу 10-5–10-7 мкс при миттєвій потужності імпульсу 50–1000 МВт, то структура рідини зміниться. Наприклад, вода збагачується молекулами талої води, що виникають при розтаванні води, змінюється хімічна та біологічна активність рідини [13, с. 174].

Для очищення стічної води ефективним виявлено застосування методу «бактеріального вибуху», що дає змогу отримати селективний відбір бактерій [14, с. 475]. Дослідним шляхом встановлено, що при ЕГО води з мікрофлорою в ній відбувається «штучний вибір», при якому спочатку гинуть слабкі, а в останню чергу сильні мікроорганізми, причому ця закономірність поширюється не тільки на мікроорганізми, що підлягають одночасному обробленню, але і на кожен групу мікроорганізмів будь-якого виду.

Для отримання з рослинної сировини сільськогосподарського призначення кормів, які містять біологічно активні речовини, білки, жири, вуглеводи, використовували ЕГО [15, с. 74], внаслідок чого відбувалось руйнування лагіноцелюлозної

Залежність зміни якісних показників дифузійного соку від температури екстрагування та режимів ЕГО сокостружкової суміші

Температура, °С	Кількість розрядів	pH ₂₀	СР, %	Цк, %	Ч, %
1	2	3	4	5	6
50	Без оброблення	6,3	13,2	11,55	87,54
	7	6,3	13,2	11,72	88,78
	10	6,3	13,4	11,95	89,18
60	Без оброблення	6,1	13,0	11,35	87,31
	7	6,3	13,2	11,75	89,02
	10	6,3	13,4	12,0	89,55
70	Без оброблення	6,5	13,2	11,45	86,74
	7	6,4	13,4	11,80	88,06
	10	6,4	13,5	11,75	88,04
75	Без оброблення	6,4	13,4	11,6	86,57
	7	6,3	13,6	11,95	87,88
	10	6,3	13,6	11,9	87,5

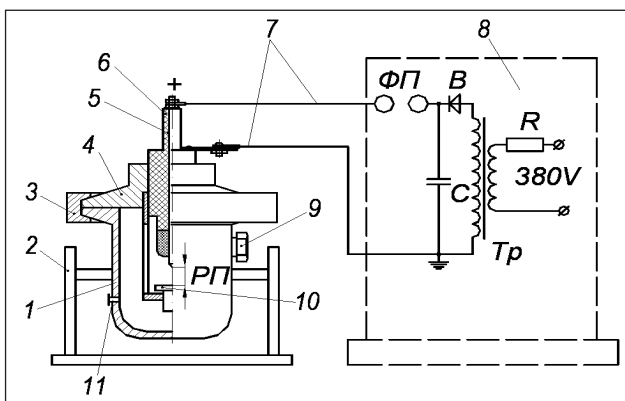


Рис. 1. Принципова схема експериментальної електрогідравлічної установки:

1 – електророзрядна камера; 2 – станина; 3 – хомут; 4 – кришка; 5 – ізолятор; 6 – позитивний електрод; 7 – високовольтні кабелі; 8 – генератор імпульсних струмів; 9, 11 – технологічні отвори; 10 – негативний електрод. РП – розрядний проміжок; ФП – формуючий проміжок; Tr – трансформатор; В – випростувач; R – зарядний опір; С – конденсатор.

оболонки. Біологічні дослідження показали, що після оброблення сировини, в ній на 20% збільшився вміст сирого жиру, на 73% – масовий вміст розчинних та редукувальних цукрів.

Постановка завдання. У розвитку сучасних технологій харчових виробництв дедалі більшу роль відіграють процеси, засновані на використанні різних електрофізичних методів оброблення продуктів та напівпродуктів.

Електрогідравлічний ефект (ЕГЕ) являє собою новий спосіб перетворення електричної енергії на механічну, без додаткових проміжних механічних ланок, із високим ККД гідравлічного оброблення середовища. Суть цього способу полягає у здійсненні всередині об'єму рідини спеціально сфор-

мованого імпульсного електричного (іскрового, кистьового чи інших форм) розряду з утворенням надвисоких гідравлічних тисків, що здатні виконувати корисну механічну роботу, і супроводжується комплексом фізичних і хімічних явищ.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відомо, що температура проведення процесу екстрагування є одним із визначальних факторів, тому значний інтерес становить екстрагування сокостружкової суміші при знижених температурах [16, с. 20].

З обробленої сокостружкової суміші на експериментальній електрогідравлічній установці (рис. 1) проводили екстрагування при температурах 50, 60, 70, 75 °С. Отримані дані експериментальних досліджень наведені в таблиці 1.

Установка працює таким чином. При включенні джерела живлення з конденсатором, який служить як накопичувач електричної енергії, напруга на конденсаторі підвищується до значення, при якому відбувається самовільний пробій повітряного формуючого проміжку. Вся енергія, що запасена в конденсаторі, миттєво надходить до робочого проміжку в рідині, де і виділяється у вигляді короткого електричного імпульсу великої потужності, внаслідок чого виникають та поширюються пружні хвилі високої інтенсивності. Далі процес при заданій ємності і напрузі повторюється з частотою, що залежить від потужності зарядного блоку. Розвиток іскрового розряду в часі відбувається шляхом послідовного «проростання» тримерів у міжелектродному проміжку.

Аналізуючи отримані дані, можна стверджувати, що процес екстракції та якісні показники дифузійного соку значною мірою залежать від

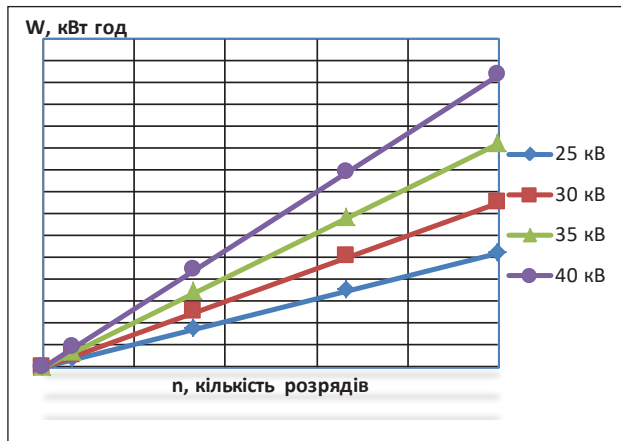


Рис. 2. Витрати електроенергії на ЕІО оброблення сокостружкової суміші в залежності від наруги розряду та кількості розрядів:
 ◇ – 25 кВ; Δ – 35 кВ; □ – 30 кВ; ○ – 40 кВ

температури проведення процесу. Найкращим режимом, із точки зору чистоти отриманого дифузійного соку, є ЕГО сокостружкової суміші з температурою екстрагування 60°C, де чистота отриманого соку була вищою на 1,98% порівняно з дифузійним соком, отриманим традиційним способом із температурою екстрагування 75°C.

Це є прямим доведенням того, що використання електрогідралічного оброблення бурякової стружки в екстрагенті позитивно впливає

на якість отриманих соків, покращує плазмоліз клітин та дає змогу корегувати температуру екстрагування в дифузійному апараті шляхом її зниження, що веде до економії енерговитрат та часу на проведення процесу.

Інтенсифікація процесу ЕГО також характеризується витратами енергії на його досягнення. Імпульсне підведення енергії за дуже короткий проміжок часу дає змогу досягти великих миттєвих потужностей при малих величинах витрат електроенергії (рис. 2).

Ці розрахунки велися за методикою [17, с. 584], з огляду на параметри генератора та електророзрядної камери.

Висновки.

1. Досліджено ефективність проведення процесу ЕГО сокостружкової суміші від корегування температури екстракції та обґрунтовано вибір режиму сокодобування. Електрогідралічне оброблення сокостружкової суміші з подальшою температурою екстрагування 60°C дає змогу отримати максимальний приріст чистоти дифузійного соку – 1,98%, при цьому вміст пектинових речовин зменшується на 23%, високомолекулярних сполук – на 46%, загального азоту – на 36 %.

2. Відкрито перспективи використання вітчизняних ЕГО-установок при обробленні сокостружкової суміші.

Список літератури:

1. Штангеев В.О., Кобер В.Т., Белостоцкий В.Т., Штангеева Н.И., Лагода В.А., Шестаковский В.А. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. К.: Цукор України. 2003. В 2-х ч. Ч. 1. С. 352.
2. Святненко Р.С., Кочубей-Литвиненко О.В., Маринін, А.І. Вплив імпульсних електричних полів на склад і властивості незбираного молока. Наукові праці НУХТ. 2016. № 4. С. 241–247.
3. Наугольных К.А., Рой Н.А. Электрические разряды в воде. М.: Наука, 1971. С. 20.
4. Василів В.П., Гулий І.С., Українець А.І. Дослідження впливу електроіскрових розрядів на властивості соків цукрового виробництва. Харчова промисловість. 2001. № 1(46). С. 41–43.
5. Святненко Р.С., Маринін А.І., Кочубей-Литвиненко О.В. Вивчення впливу електрофізичних методів обробки на мікробіологічні показники харчових продуктів. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. Вип. 1(96). С. 125–130.
6. Святненко Р.С., Українець А.І., Маринін А.І., Кочубей-Литвиненко О., Бойко М.І. Вплив імпульсних електричних полів на амінокислотний склад незбираного молока. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2018. № 24. № 1. С. 121.
7. Святненко Р.С., Маринін А.І., Кочубей-Литвиненко О.В., Бойко М.І. Дослідження впливу імпульсних електромагнітних полів на органолептичні показники незбираного молока. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2017. Т. 19. № 75. С. 157–160.
8. Святненко Р.С., Маринін А.І., Кочубей-Литвиненко А.В., Захаревич В.Б. Влияние импульсного электромагнитного поля на жизнеспособность *Escherichia coli* в модельном растворе молочной сыворотки. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2016. Т. 18. № 2-3 (68). С. 92.
9. Святненко Р.С., Маринін А.І., Українець А.І., Кочубей-Литвиненко О.В. Вплив імпульсного електромагнітного поля на життєздатність *Escherichia coli* в модельному розчині води. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2016. № 252. С. 185–191.

10. Українець А.І., Маринін А.І., Святненко Р.С., Бойко М.І., Кочубей-Литвиненко О.В. Дослідження впливу електромагнітної обробки на мікроорганізми молочної сироватки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2016. № 179. С. 146–151.

11. Святненко Р.С., Маринін А.І., Макогон А.В., Фурсік О.П. Влияние импульсных электрических полей на микробиологические показатели и содержание витамина с в цельном молоке. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2017. Т. 19. № 80. С. 30.

12. Meneses N. Saldana., G. Jaeger H., Raso J., Alvarez I., Cebrian G. Modelling of polyphenoloxidase inactivation by pulsed electric fields considering coupled effects of temperature and electric field. Innov Food Sci. Emerg. Technol. 2013. № 20. P. 126–132.

13. Гулый Г.А., Малюшевский П.П. Высоковольтный электрический разряд в силовых импульсных системах. К.: Наукова думка. 1977. С. 174.

14. Balachandran S., Kentish E., Mawson R. Ultrasonic enhancement of the supercritical extraction from ginger. Ultrasonics Sonochemistry. 2006. № 13. P. 471–479.

15. Маринін А.І. Розроблення та застосування імпульсного електрогідролітичного способу оброблення сировини рослинного походження: автореф. ...канд. техн. наук: спец. 05.18.12 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння». Київ, 2007. 20 с.

16. Василів В.П. Розроблення та застосування способу електрогідролітичної інтенсифікації процесів харчових виробництв: автореф. ...канд. техн. наук: спец. 05.18.12 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння». Київ, 2005. 20 с.

17. Рогов И.А. Физические методы обработки пищевых продуктов / И.А. Рогов, А.В. Горбатов. М.: Пищевая промышленность, 1974. 584 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЕГО НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОКОСТРУЖКОВОЙ СМЕСИ

Статья посвящена исследованию характера влияния электрогидравлического обработки (ЭГО) на качественные показатели и температуру обработки сокостружковой смеси.

В Проблемной научно-исследовательской лаборатории Национального университета пищевых технологий были проведены экспериментальные исследования с целью изучения действия влияния ЭГО на качественные показатели сокостружковой смеси.

Установлено, что электрогидравлическая обработка сокостружковой смеси с последующей температурой экстрагирования 60°C позволяет получить максимальный прирост чистоты диффузионного сока – 1,98%, при этом содержание пектиновых веществ уменьшается на 23%, высокомолекулярных соединений – на 46%, общего азота – на 36%.

Ключевые слова: электрогидравлическая обработка (ЭГО), диффузионный сок, температура, сокостружковая смесь.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ITS REGIMES ON THE QUALITATIVE INDICATORS OF A CONCENTRICLE MIXTURE

The article is devoted to the investigation of the nature of the influence of electro-hydraulic treatment (EGO) on the qualitative parameters and the temperature of the processing of the straw blend.

In the Problem Research Laboratory of the National University of Food Technologies, experimental studies were conducted to study the effect of the EPO on qualitative parameters of the straw blend.

It has been established that electrohydraulic treatment of a shingles mixture with a subsequent extraction temperature of 60 ° C allows for a maximum increase in purity of diffusion juice of 1.98%, while the content of pectin substances is reduced by 23%, of high molecular compounds by 46%, of total nitrogen by 36%.

Key words: electrohydraulic treatment (ECO), diffusive juice, temperature, straw blend.

Одарченко А.М.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Соколова Є.Б.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Василець К.К.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗАМОРОЖЕНОГО НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ СМУЗИ

У статті наведено результати дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості напівфабрикату для смузи в процесі низькотемпературного зберігання впродовж дев'яти місяців за температури $-18\pm 2^\circ\text{C}$. Встановлено зміну фізико-хімічних показників, а саме зменшення масової частки сухих розчинних речовин, масової частки білку, цукрів, вітаміну С. Ці зміни незначні, для того щоб викликати суттєве погіршення якості напівфабрикату. Відзначено збільшення титрованої кислотності та масової частки вологи. Виготовлення такого напівфабрикату для смузи надасть можливість розширити асортимент замороженої продукції та збільшити базу місцевої переробної промисловості.

Ключові слова: заморожена продукція, напівфабрикат для смузи, низькотемпературне зберігання, функціональний продукт, якість, хімічний склад.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку українського суспільства гостро постає питання контролю якості та безпечності продуктів харчування. Все більш популярним у світі стає створення функціональних продуктів харчування, що містять інгредієнти, корисні для здоров'я людини, які здатні підвищувати опірність організму до різних захворювань та покращувати фізіологічні функції. Продукти функціонального та оздоровчого харчування мають містити інгредієнти, які надають їм функціональні властивості. Функціональними інгредієнтами є харчові волокна, вітаміни, мінеральні речовини та мікроелементи, поліненасичені жирні кислоти, антиоксиданти [1]. Природним джерелом таких інгредієнтів є фрукти та овочі.

Перед харчовою промисловістю та організаціями громадського харчування стоїть важливе завдання, що полягає в створенні високоякісних і збагачених продуктів харчування. Використовування та комбінування рослинної сировини в продуктах харчування дає змогу корегувати харчову та біологічну цінність продуктів [2]. Вживання напоїв, що містять речовини, які надають зміцнюючі та оздоровчі властивості організму людини, є ефективним засобом зміцнення захисних функцій організму.

Фізико-хімічні показники яблук дають змогу їх використовувати для виготовлення напоїв функціонального призначення, оскільки в плодах

у достатній кількості містяться такі біологічно активні речовини, як вітамін С, органічні кислоти і пектини [3]. В плодах полуниці міститься багато поживних речовин, які зумовлюють харчову та дієтичну цінність, до них належать вуглеводи, які представлені глюкозою та фруктозою, що забезпечують організм енергією. Серед макроелементів полуниця багата на кремній (99,0 мг), що втричі задовольняє добову потребу організму в ньому. Також присутні калій, кальцій, фосфор, магній, натрій [4]. Вівсяні пластівці в технології виробництва продуктів функціонального призначення є додатковою сировиною, яка визначає структурууючі властивості продукту. Вівсяні пластівці містять вітаміни групи В, провітамін А, багаті мінеральними речовинами, такими як фосфор, калій, магній, залізо та кремній. Білок вівсяної крупи збалансований за амінокислотним складом і легко засвоюваний [5]. Ці продукти мають необхідне джерело харчових функціональних інгредієнтів, таких як вітамін С, біофлавоноїди, харчові волокна, макро- і мікроелементи, які необхідні в раціоні харчування людей.

Переробка вітчизняної рослинної сировини дасть змогу уникнути сезонності їх споживання і знизити втрати в процесі товароруку. Одним з найефективніших способів перероблення фруктів, який забезпечує максимальне збереження поживних властивостей, є заморожування [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Заморожені фрукти та ягоди є біологічно цінними продуктами, які можна використовувати як для безпосереднього споживання, так і для виробництва різних продуктів переробки. Під час заморожування рослинної сировини змінюються її органолептичні, фізико-хімічні показники, харчова та біологічна цінність.

Багато уваги ученими приділено дослідженню якості замороженої полуниці [7; 8]. Встановлено, що заморожування та зберігання ягід полуниці за низької температури пов'язано зі зміною фізико-хімічних показників якості залежно від сортових особливостей. Визначено ступінь збереження розчинних сухих речовин, цукрів, кислот, вітамінів і поліфенолів в ягодах після дефростації: у середньому втрачають розчинних сухих речовин становлять 2%, вітаміну С – 15%, катехинів і антоціанів – 7%. На підставі комплексу показників виділені сорти полуниці придатні для швидкого заморожування.

У роботі [9] проведені дослідження екзотермічних процесів, які показують, що оптимальною для зберігання заморожених ягід полуниці є температура -23°C і нижче. Саме за цієї температури відбувається максимальна кристалізація всіх видів фізико-хімічно зв'язаної вологи, що унеможливує протікання біохімічних процесів і сприяє максимальному збереженню поживних властивостей заморожених ягід.

У роботі [10] досліджувались ресурсозберігаючі технології холодильного консервування яблук осінніх та літніх сортів. Під час експерименту було проведено аналіз харчової та біологічної цінності десерту, проведена органолептична оцінка десертів до та після заморожування, а також у процесі зберігання. За результатами досліджень був розрахований мінерально-вітамінний склад яблучного десерту. Встановлено, що готовий десерт містить велику кількість антиоксидантів, представлених фенольними сполуками, кількість яких до кінця третього місяця зберігання яблук зменшується незначно (10%), але за подальшого зберігання різко знижується.

Хімічні процеси в заморожених продуктах полягають в інверсії сахарози, деякому руйнуванню найбільш лабільних компонентів – пігментів, вітамінів (особливо С), фенольних з'єднань. Проте ці зміни не призводять до суттєвого погіршення якості [11].

Таким чином, важливим завданням є збереження як рослинної сировини, так і її біологічної цінності, поживних та смакових якостей під час виробництва напівфабрикатів.

Метою статті є дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості замороженого напівфабрикату для смузі під час низькотемпературного зберігання впродовж дев'яти місяців за температури $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом дослідження був напівфабрикат для виробництва напою смузі, що зберігався впродовж дев'яти місяців за температури $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$. Для приготування напівфабрикату використовували полуницю сорту «Дукат» (Україна); яблука сорту «Боровінка» (Україна); вівсяні пластівці «Геркулес» виробника ТОВ «Фірма ДІАМАНТ ЛТД» (м. Полтава, Україна). У роботах [12; 13] було детально описано технологічну схему виготовлення та вивчено динаміку заморожування напівфабрикату для смузі.

Якість замороженого напівфабрикату оцінювалась за сукупністю органолептичних та фізико-хімічних показників. Усі дослідження проводились згідно зі встановленими методиками державних стандартів.

Аналізуючи органолептичні показники якості, можна відзначити, що за зовнішнім виглядом та консистенцією напівфабрикат однорідний, має натуральний з добре вираженим ароматом вихідної сировини смак та запах, насичений однорідний колір за всією масою.

Протягом дев'яти місяців зберігання замороженого напівфабрикату досліджувались його фізико-хімічні показники, які безпосередньо впливають на їх якість, а саме масову частку сухих розчинних речовин, вміст вологи, масову частку цукрів, масову частку білку, масову частку жиру, титровану кислотність, масову частку клітковини, вміст крохмалю, активну кислотність та вміст вітаміну С. Отримані результати наведено в таблиці 1.

Зміна вмісту сухих розчинних речовин у замороженому напівфабрикаті в процесі холодильного зберігання за температури $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ продемонстрована на рис 1.

Масова частка сухих розчинних речовин у холодильному зберіганні впродовж дев'яти місяців зменшується від 22,51% до 21,34%. Очевидно, отримані результати можна пояснити тим, що відбуваються окислювальні процеси, які супроводжуються зменшенням вмісту моносахаридів та накопиченням продуктів їх розпаду (ацетальдегідів, спиртів, кислот тощо).

Вміст цукрів у процесі зберігання зменшується на 0,48% (рис. 2). Зниження їх вмісту пояснюється витратами моносахаридів на процес дихання, який особливо інтенсивно протікає на

Фізико-хімічні показники якості замороженого напівфабрикату під час холодильного зберігання

Показники якості	Термін зберігання за температури t = -18°C, місяці				
	0	1	3	6	9
Масова частка сухих розчинних речовин, %	22,51±0,95	21,49±0,95	21,44±0,94	21,39±0,94	21,34±0,93
Вміст води, %	77,49±0,92	78,51±0,92	78,56±0,93	78,61±0,93	78,66±0,93
Масова частка цукрів, %	11,02±0,5	10,75±0,5	10,62±0,5	10,57±0,4	10,54±0,4
Масова частка білку, %	1,62±0,07	1,53±0,07	1,46±0,06	1,38±0,06	1,32±0,06
Масова частка жиру, %	0,43±0,05	0,43±0,05	0,43±0,05	0,43±0,05	0,43±0,05
Титрована кислотність (в перерахун-ку на яблучну кислоту), %	0,87±0,04	0,91±0,05	0,95±0,06	0,99±0,07	1,1±0,08
Масова частка клітковини, %	0,97±0,03	0,97±0,03	0,97±0,03	0,97±0,03	0,97±0,03
Крохмаль, %	12,34±0,1	12,34±0,1	12,34±0,1	12,34±0,1	12,34±0,1
Вміст вітаміну С, мг/100г	21,58±0,003	21,23±0,003	20,89±0,003	20,63±0,002	20,57±0,002
Активна кислотність, рН	4,15±0,5	4,11±0,5	4,06±0,5	4,02±0,5	3,98±0,4

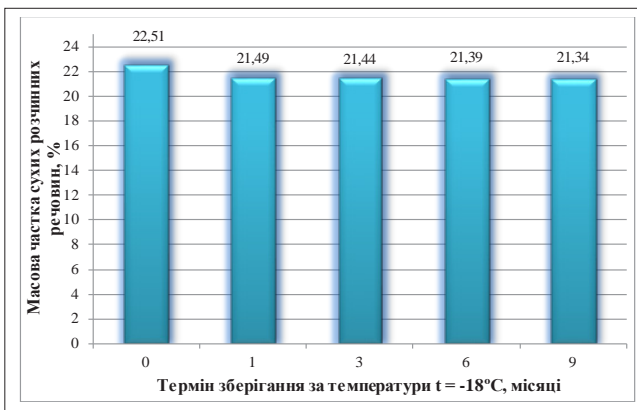


Рис. 1. Масова частка сухих розчинних речовин у замороженому напівфабрикаті в процесі холодильного зберігання

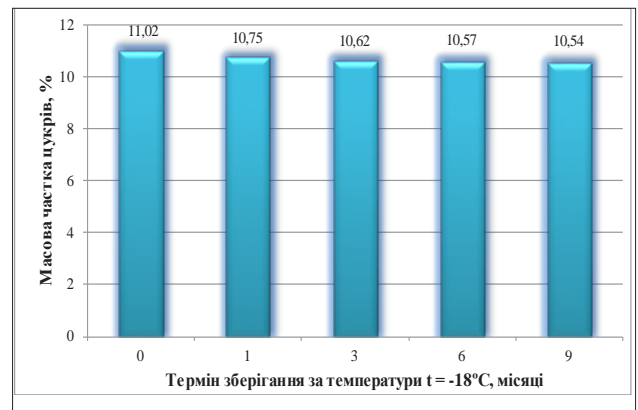


Рис. 2. Вміст цукрів у замороженому напівфабрикаті в процесі холодильного зберігання

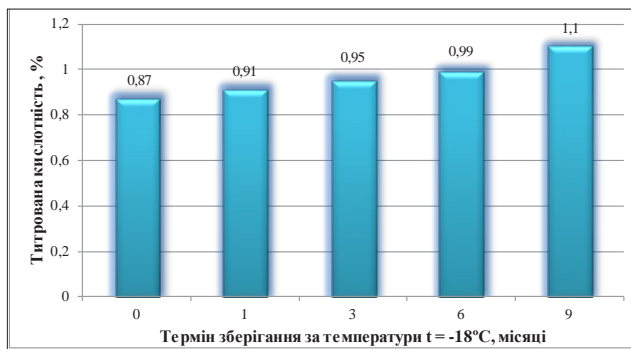


Рис. 3. Титрована кислотність у замороженому напівфабрикаті в процесі холодильного зберігання

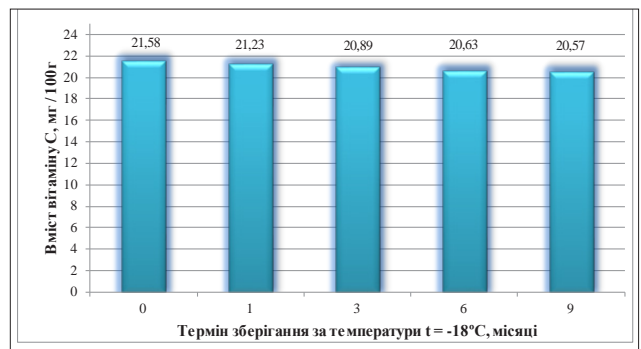


Рис. 4. Вміст вітаміну С у замороженому напівфабрикаті в процесі холодильного зберігання

етапі заморожування як відповідна реакція рослинної клітини на зниження температури та після дефростації у зв'язку з активізацією ферментативного окислення моносахаридів в ушкоджених тканинах.

З отриманих даних видно, що в процесі зберігання замороженого напівфабрикату кислотність збільшується на 0,23% (рис. 3), що

зумовлено дією ферментативних процесів у результаті розкладу моно-, ди- та полісахаридів із накопиченням органічних кислот, а також вільної фосфорної кислоти в результаті гідролізу фітину. Крім того, в результаті тривалого зберігання частково відбувається гідроліз жиру із накопиченням незначної кількості вільних жирних кислот.

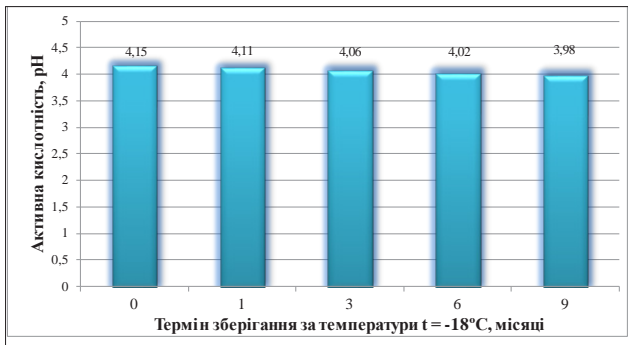


Рис. 5. Активна кислотність у замороженому напівфабрикаті в процесі холодильного зберігання

Зниження аскорбінової кислоти в замороженому напівфабрикаті пов'язане з порушенням ферментативного окислювально-відновлювального процесу (рис. 4).

Протягом заморожування активність ферментів різко знижується. Під час дефростації окислювальні ферменти відновлюють активність швидше, аскорбінова кислота незворотно окислюється. Цьому сприяє і доступ кисню внаслідок деструктивних змін у тканинах плоду, проте ці зміни незначні.

Зниження активної кислотності протягом холодильного зберігання пов'язане із включенням кислот як субстрату у процес дихання (рис. 5).

Підвищення їх вмісту під час зберігання замороженого напівфабрикату є, напевно, результатом ферментативного гідролізу, що протікає за рахунок легкогідролізованих молекул полімерів, кількість яких у пошкоджених тканинах зростає.

Висновки. Після проведення фізико-хімічних досліджень показників якості напівфабрикату встановлено зменшення масової частки сухих розчинних речовин за холодильного зберігання впродовж дев'яти місяців від 22,51% до 21,34%, вміст цукрів у процесі зберігання зменшується на 0,48%, зменшення вітаміну С з 21,58 мг/100г до 20,57 мг/100г. Кислотність збільшується на 0,23%. Проведені експериментальні дослідження підтверджують, що консервування заморожуванням дає змогу зберегти харчову цінність напівфабрикату для смузі. Отримані результати показують, що відбулися незначні зміни хімічних показників якості, а саме частково інвертується сахароза, дещо змінюється рН, але ці зміни незначні, щоб викликати суттєве погіршення якості.

Список літератури:

1. Орлова Н.Я. Фізіологія та біохімія харчування. Київ: КДТЕУ, 2001. 248 с.
2. Лавриненко Н.И. Новые виды консервированных продуктов функционального назначения. Пищевая промышленность. 2008. № 2. С. 26–27.
3. Покровский А.А. Химический состав пищевых продуктов. Москва: «Пищевая промышленность», 1996. 227 с.
4. Энциклопедия питания. Характеристика продуктов питания. Харьков: Мир Книг, 2014. 744 с.
5. Мукоїд Р.М., Ємельянова Н.О., Українець А.І., Свидинюк І.М. Амінокислотний склад білків зерна різних сортів вівса. Харчова промисловість. 2009. № 8. С. 14–16.
6. Сімахіна Г.А. Основні показники придатності плодів та ягід до заморожування. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2018. Том 29 (68) Ч. 3 № 1. С. 73–78.
7. Малахова Л.Л., Дампилов А.Н., Аюшеева Р.Б. Анализ ассортимента и оценка качества замороженных плодов и овощей. Инновационные технологии пищевых продуктов и оценка их качества: наука, образование, производство. 2016. № 1. С. 130–136.
8. Причко Т.Г., Германова М.Г. Изменение качества ягод земляники при замораживании и хранении. Актуальные проблемы садоводства России и пути их решения: матер. науч.-практ. конф. Москва, 2011. С. 184–186.
9. Белінська С., Орлова Н., Китаєв О. Особливості кристалоутворення під час заморожування суниць. Товари і ринки. 2008. № 2. С. 74–80.
10. Колодязная В.С., Румянцева О.Н., Кравченко Д.А., Перегудова О.А. Разработка рецептуры замороженного яблочного десерта в целях ресурсосбережения при производстве замороженных яблок. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 2. С. 61–68.
11. Ермольев А. Особенности физико-химических процессов при интенсивной заморозке пищевых продуктов. Продукты и ингредиенты. 2004. № 5. С. 26.
12. Odarchenko D., Odarchenko A., Sokolova Ye., Mikhailik V. Cryoscopic and microbiological study of the semi-finished product for making a smoothie drink. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. №. 2/11 (92). P. 65–69.
13. Odarchenko D., Odarchenko A., Sokolova Ye., Mikhailik V. Investigation of the influence of the process of freezing on microbiological factors of safety of frozen semi-product for cooking drink smoothie. EUREKA: Life Science. 2018. № 2. P. 62–67.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗАМОРОЖЕННОГО ПОЛУФАБРИКАТА ДЛЯ СМУЗИ

В статье приведены результаты исследования органолептических и физико-химических показателей качества полуфабриката для смузи в процессе низкотемпературного хранения в течение девяти месяцев при температуре $-18\pm 2^\circ\text{C}$. Установлено изменение физико-химических показателей, а именно уменьшение массовой доли сухих растворимых веществ, массовой доли белка, сахаров и витамина С. Эти изменения незначительны, для того чтобы вызвать существенное ухудшение качества полуфабриката. Отмечено увеличение титруемой кислотности и массовой доли влаги. Изготовление данного полуфабриката для смузи позволит расширить ассортимент замороженной продукции и увеличить базу местной перерабатывающей промышленности.

Ключевые слова: замороженная продукция, полуфабрикат для смузи, низкотемпературное хранение, функциональный продукт, качество, химический состав.

INVESTIGATION OF THE INDEX QUALITY OF FROZEN SEMIPRODUCT SMOOTHIE

The article presents the results of a study of organoleptic and physicochemical parameters of the quality of semi-finished products for smoothies in the process of low-temperature storage for 9 months at a temperature of minus $18\pm 2^\circ\text{C}$. A change in physicochemical parameters, namely a decrease in the mass fraction of dry soluble substances, the mass fraction of protein, sugars and vitamin C, is established. These changes are insignificant in order to cause a significant deterioration in the quality of the semi-finished product. An increase in titratable acidity and a mass fraction of moisture was noted. The production of this semi-finished product for smoothies will expand the range of frozen products and increase the base of the local processing industry.

Key words: frozen products, semi-finished product for smoothie, low-temperature storage, functional products, quality, chemical composition.

УДК 663.674

Трубнікова А.А.

Одеська національна академія харчових технологій

Чабанова О.Б.

Одеська національна академія харчових технологій

Шарахматова Т.Є.

Одеська національна академія харчових технологій

Бондар С.М.

Одеська національна академія харчових технологій

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ЗБЕРІГАННЯ НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО МОРОЗИВА

Правильне зберігання морозива забезпечує збереження його харчової та біологічної цінності, оберегає від псування та вад протягом всього терміну придатності. Під час зберігання морозива у його складі та якості відбуваються різні зміни, які можна уповільнити, сильно загальмувати, але повністю уникнути не можна. Основними компонентами рецептури зразків низьколактозного морозива обрано: рідкий безлактозний білково-ліпідний концентрат маслянки, пребіотики (інулін та лактулоза), стабілізатор, цукор, імбир, лимонна кислота та йогуртна основа (суміш маслянки і сухого безлактозного знежиреного молока) зі зниженим вмістом лактози та з пробіотичними властивостями (для виробництва йогуртної основи використовували суху бактеріальну закваску «Йогурт» (VIVO), до складу якої входять культури: *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* + *Lactobacillus acidophilus* + *Bifidobacterium lactis*. Термін придатності зразків низьколактозного морозива визначали за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними, структурно-механічними показниками якості. Результати проведених досліджень дають можливість стверджувати, що гарантований термін зберігання досліджуваного продукту – не більше 180 днів за температури мінус 26...мінус 28°C. Протягом цього часу зберігаються пробіотичні властивості зразків низьколактозного морозива. Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів у зразках через 180 днів зберігання становить $1 \cdot 10^7$ КУО/1г, кількість біфідобактерій – $1 \cdot 10^7 \dots 5 \cdot 10^7$ КУО/1г. Бактерії групи кишкових паличок у 0,1 г низьколактозного морозива протягом 6 місяців зберігання не виявлені. Титрована кислотність зразків наприкінці зберігання не перевищувала 60°Т. У дослідних зразках морозива протягом 180 днів зберігання показники збитості та опору таненню змінились не значно, а саме збитість зменшилась на 3,3–3,8 %, а опір таненню – на 4,2–4,4 %. Структурні елементи (повітряні бульбашки і кристали льоду) в молочному низьколактозному морозиві характеризуються високою дисперсністю. Зокрема, частка кристалів льоду до 50 мкм перевищувала 90% після процесу загартування. Після загартування та в процесі зберігання в зразках утворюються дрібні, органолептично невідчутні (менше 50 мкм) кристали льоду. Середні розміри кристалів льоду в зразках низьколактозного морозива під час зберігання протягом 180 днів збільшились на 17,6%–20,7%. Середні розміри повітряних пухирців у зразках низьколактозного морозива зменшились на 6,7%–7,1%. Кристали лактози в зразках не ідентифіковані. Вміст лактози в зразках морозива становить 0,98%–1,24%. Незначні зміни фізико-хімічних показників зразків низьколактозного морозива не впливають на органолептичні показники продукту, а відсутність бактерій групи кишкових паличок є вагомим доказом правильності вибору всіх режимів основних технологічних процесів та свідчить про збереження якості продукту у процесі зберігання і його повну відповідність усім вимогам нормативно-технічної документації.

Ключові слова: низьколактозне морозиво, зберігання, показники якості.

Вступ. Збереження якісного складу морозива протягом всього терміну придатності – важливе завдання, що стоїть перед виробниками морозива. Термін придатності визначають за фізико-хімічними, мікробіологічними показниками,

режимом зберігання, транспортування та реалізації морозива.

Згідно з ДСТУ 4733:2007 «Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови» зберігання морозива на підприємствах-виробниках і

холодокомбінатах здійснюють у камерах за температури, що не перевищує мінус 18°C. Температура морозива в центрі порції під час відпуску з підприємства-виробника має бути не вище мінус 12°C. Строк придатності молочного морозива за температури мінус 18°C становить 10 місяців, за температури мінус 24 – 12 місяців.

Насправді зберігають морозиво за більш низьких температур, до мінус 30°C. Це значною мірою сприяє збереженню його якісних показників. За температури мінус 18°C в морозиві відбуваються помітні зміни (збитість морозива знижується, відбувається усадка через перекристалізацію водної фази продукту, з'являються органолептично відчутні кристали льоду і лактози у разі досягнення їх розмірів більше 50 мкм тощо). На розміри кристалів льоду в морозиві впливає частка вимороженої води в процесі фризювання, яка є функцією температури і залежить від кріоскопічної температури суміші, температури вивантаження морозива з фризера і швидкості закалювання. Температура фризювання і зберігання впливає на вуглеводний склад морозива. За температури мінус 1°C починається утворення кристалів лактози, а до кінця фризювання (мінус 5°C) спостерігається не тільки збільшення їх кількості, а й зростання їх розмірів, що пов'язано з перенасиченням розчину лактози через виморожування вологи. Органолептично лактоза не відчувається, якщо її розміри до 10 мкм, за 10–24 мкм відзначається порок «мучнистість», а понад 25 мкм – «піщанистість» [2].

У загартовуванні морозива відбувається подальше збільшення вимороженої води, тому знову відбувається перенасичення розчину і утворюються нові кристали і збільшуються вже наявні. З цього випливає, що зберігати морозива за температури мінус 12°C протягом допустимих термінів не можна, за температури мінус 18°C є ризик виникнення великих кристалів лактози. За мінус 30°C можна зберігати морозиво без ризику появи великих кристалів лактози. Зберігання морозива за температури мінус 18°C не перешкоджає протіканню в морозиві основних видів псування – окислення жирової фази і зниження дисперсності структурних елементів [3].

Метою роботи є обґрунтування режимів зберігання низьколактозного морозива.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- дослідження органолептичних, мікробіологічних показників низьколактозного морозива під час зберігання;
- визначення дисперсності основних структурних елементів у низьколактозному морозиві

(розмірів кристалів льоду та повітряних пухирців) під час зберігання;

- визначення збитості морозива та опору танення під час зберігання.

Матеріали і методи досліджень.

Ця праця є продовженням роботи авторів [4–6].

Об'єкт дослідження – низьколактозне морозиво.

Основними інгредієнтами рецептури морозива обрано дві функціональні основи, що отримані в лабораторних умовах: рідкий безлактозний концентрат маслянки (ББКМ), який отримували мембранними способами [4,5] і йогуртна основа (суміш маслянки з сухим безлактозним знежиреним молоком (ЙО) зі зниженим вмістом лактози із пробіотичними властивостями) [6]. Для виробництва йогурту використовували сухе знежирене безлактозне молоко, суху бактеріальну закваску «Йогурт» (VIVO) (*Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* + *Lactobacillus acidophilus* + *Bifidobacterium lactis*) (ТОВ «ВІВО–АКТИВ», Україна). Додатковими інгредієнтами рецептури суміші морозива обрано: стабілізатор «Ультра текс» ICE1 - 0023 (ПП «Текстра-Віта», Україна), що має такий склад: крохмаль модифікований Е 1442, концентрат сироваткових білків, крохмаль модифікований Е 1450, моно- та дігліцериди жирних кислот Е 471, гуарова камідь Е 412, камідь ріжкового дерева Е 410; препарат інуліну (ТМ «Frutafit IQ», виробництва «Sensus», Roosendal, Нідерланди); препарат лактулози («Fresenius Kabi Company», Італія); лимонна кислота (ТМ «Мрія», Україна); порошок імбиру (ТМ «Еко», Україна).

Рецептура низьколактозного морозива наведена в табл. 1.

Під час проведення експериментів використані такі методи досліджень: титрована кислотність – за ГОСТ 3624–92; органолептичні показники – за ДСТУ 3662–97; масова частка сухих речовин – за ДСТУ 8552:2015; розміри кристалів льоду – [7]; розміри повітряних пухирців – [7]; мікробіологічні показники: кількість бактерій групи кишкових паличок – за ДСТУ IDF 73 А; найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів – за ГОСТ 9225–84; кількість біфідобактерій – за ДСТУ 7355:2013.

Викладення основного матеріалу. Контроль якості зразків низьколактозного морозива (табл. 1) під час зберігання проводили раз на місяць протягом півроку. Зберігали морозиво за температури мінус 26...мінус 28°C.

Органолептичні показники дослідних зразків не змінювались протягом 6 місяців; титрована кислотність зразків наприкінці зберігання не перевищувала 60°Т.

Таблиця 1

Рецептура на низьколактозне морозиво

Сировина	Маса сировини, кг	
	Зразок 1	Зразок 2
Рідкий безлактозний білковий концентрат з маслянки (ББКМ), отриманий діафільтрацією (DV=7) УФ ретентату при ФК=4 (Ж=1,6 %; СЗМЗ=13,5 %)	488,1	-
Рідкий безлактозний білковий концентрат з маслянки (ББКМ), отриманий діафільтрацією (DV=7) УФ ретентату при ФК=5 (Ж= 2,0 %; СЗМЗ = 16,94 %)	-	411,5
Інулін (СР=95,8 %)	40	40
Лактулоза (СР=99,2 %)	10	10
Цукор	130,0	120,0
Стабілізатор	2,0	2,5
Імбир	3	3
Йогуртна основа (ЙО) (Ж=0,54 %; СЗМЗ =12,34 %)	325,4	411,5
Лимонна кислота	1,5	1,5
Всього	1000	1000

Таблиця 2

Зміна кількості молочнокислих мікроорганізмів та біфідобактерій під час зберігання

Кількість діб зберігання	Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів, КУО/1г, не менше	Кількість біфідобактерій, КУО/1г, не менше		
		зразок 1	зразок 2	зразок 1
готовий продукт	$2,5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^9$
30	$2,5 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^9$
60	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$
90	$5 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^8$
120	$3 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$
150	$2,5 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^7$
180	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^7$

Бактерії групи кишкових паличок у 0,1 г продукту протягом 6 місяців зберігання не виявлені.

Зміна кількості молочнокислих мікроорганізмів та біфідобактерій під час зберігання наведена в табл. 2.

Пробіотичні властивості низьколактозного морозива зберігаються протягом 180 днів. Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів через 180 діб зберігання становить $1 \cdot 10^7$ КУО/1г (для зразків 1 і 2) та кількість біфідобактерій – $5 \cdot 10^7$ та $1 \cdot 10^7$ КУО/1г відповідно. Такий високий показник виживання пов'язаний із вмістом у заквасці мікроорганізмів, що адаптовані до низьких температур та з внесенням лактулози та інуліну в суміш, які сприяють підвищенню виживання заквасочної мікрофлори в умовах заморожування.

Зміна показника збитості низьколактозного морозива під час зберігання наведена на рис. 1, зміна показника опору морозива таненню під час зберігання – на рис. 2.

Аналіз отриманих результатів (рис. 1, 2) показує, що у дослідних зразках протягом 180 діб

зберігання показники якості (збитість та опір таненню) змінилися не значно, а саме збитість зменшилась на 3,3–3,8%, а опір таненню – на 4,2–4,4%. Це зумовлено операцією визрівання суміші, яка покращує показники якості морозива під час визрівання, частковою гідратацією молочних білків та стабілізатора, адсорбцією поверхнево-активних речовин, що містяться в стабілізаторі та маслянці на поверхні жирових кульок, а також твердінням гліцеридів жиру у вигляді змішаних кристалів всередині них.

Структурні елементи (повітряні бульбашки і кристали льоду) в молочному низьколактозному морозиві характеризуються високою дисперсністю. Зокрема, частка кристалів льоду до 50 мкм перевищувала 90% після загартування (рис. 3). Це зумовлено підвищенням в'язкості незамороженої фази, що пригнічує процеси формування зародків кристалутворення і кристалізації. Інулін, що входить до складу низьколактозного морозива, інгібує процес зростання великих кристалів льоду.

У таблиці 3 наведені результати визначення дисперсності основних структурних елементів у

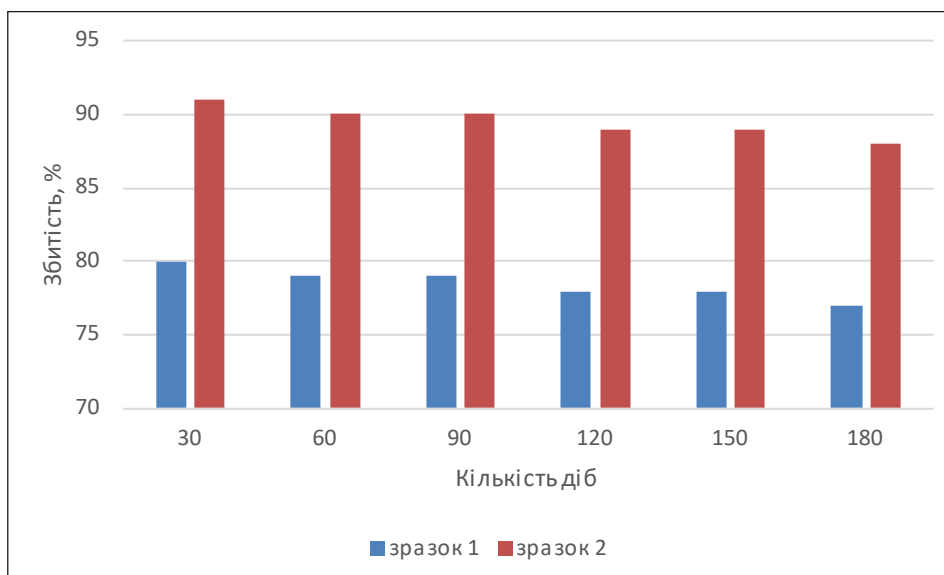


Рис. 1. Зміна показника збитості низьколактозного морозива під час зберігання

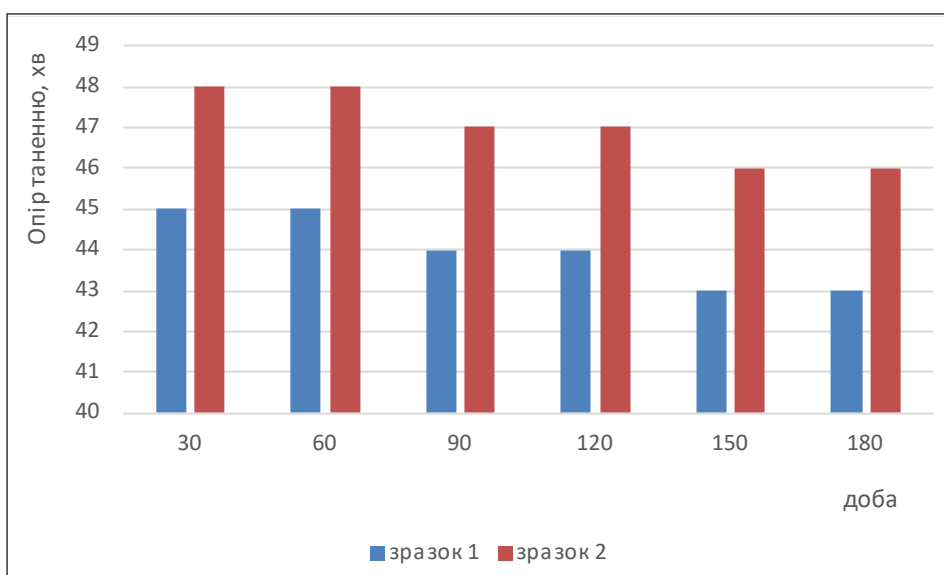


Рис. 2. Зміна показника опору морозива таненню під час зберігання

зразках низьколактозного морозива під час зберігання.

Після загартування та в процесі зберігання в обох зразках утворюються дрібні, органолептично невідчутні (менше 50 мкм) кристали льоду (табл. 3). Середні розміри кристалів льоду під час зберігання збільшились на 17,6% (зразок 1) та 20,7% (зразок 2). Середні розміри повітряних пухирців зменшились на 6,7% та 7,1% відповідно. Кристали лактози не ідентифіковані. Вміст лактози в зразках становить 0,98% та 1,24%.

Результати проведених досліджень дають можливість стверджувати, що гарантований термін

зберігання досліджуваного продукту має бути не більше 180 днів за температурі мінус 26...мінус 28°C. Протягом цього часу зберігаються пробіотичні властивості зразків низьколактозного морозива, незначні зміни фізико-хімічних показників зразків низьколактозного морозива не впливають на органолептичні показники продукту, а відсутність БГКП є вагомим доказом правильності вибору всіх режимів основних технологічних процесів та свідчить про збереження якості продукту у процесі зберігання і його повну відповідність усім вимогам нормативно-технічної документації.

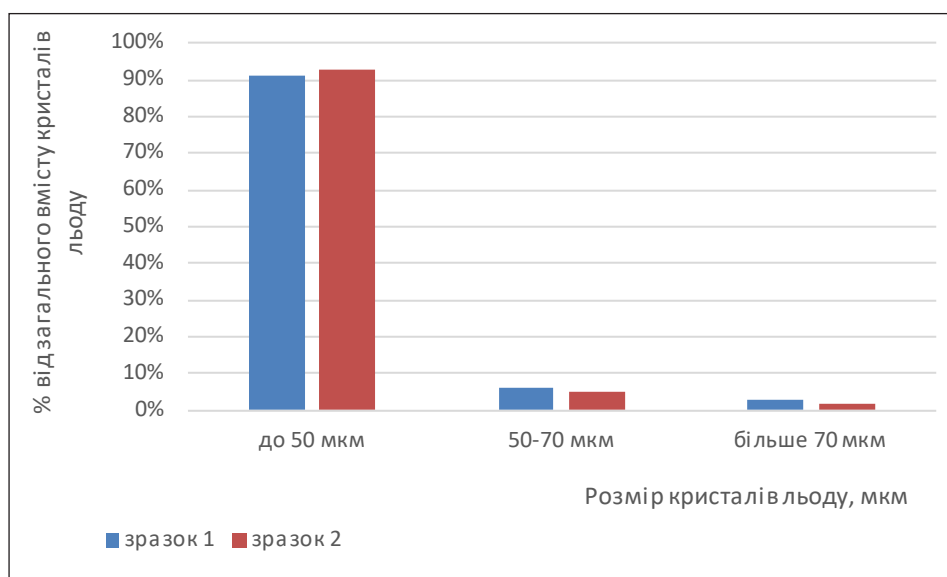


Рис. 3. Розподіл кристалів льоду за розмірами в зразках морозива після загартування

Таблиця 3
Дисперсність структурних елементів у морозиві під час зберігання

Зразок	Основні структурні елементи, середній розмір, мкм	
	кристали льоду	повітряні пухирці
Зразок 1		
після загартування	34	45
через 1 місяць	37	44
через 2 місяці	38	44
через 4 місяці	39	43
через 6 місяців	40	42
Зразок 2		
після загартування	29	42
через 1 місяць	30	41
через 2 місяці	32	41
через 4 місяці	34	40
через 6 місяців	35	39

Висновки. Гарантований термін зберігання низьколактозного морозива –180 діб. Органолептичні показники дослідних зразків не змінювались протягом 180 діб; титрована кислотність зразків наприкінці зберігання не перевищувала 60°Т. Бактерії групи кишкових паличок в 0,1 г продукту протягом 6 місяців зберігання не виявлені. Найбільш вірогідне число молочнокислих мікроорганізмів через 180 діб зберігання становило $1 \cdot 10^7$ КУО/1 г, кількість біфідобактерій – $5 \cdot 10^7$ КУО/1 г.

Після загартування та в процесі зберігання низьколактозного морозива утворились дрібні, органолептично невідчутні (менше 50 мкм) кристали льоду. Середні розміри кристалів льоду під час зберігання збільшилися на 17,6%–20,7%. Середні розміри повітряних пухирців зменшилися на 6,7% – 7,1% .

Збитість та опір таненню протягом 180 діб зберігання змінилися не значно, а саме збитість зменшилась на 3,3–3,8%, а опір таненню – на 4,2–4,4%.

Список літератури:

1. ДСТУ 4733:2007 Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови.
2. Оленев Ю. А. Льдообразование в мороженом. Мир мороженого и быстрозамороженных продуктов. 2005. № 1. С. 14–15.
3. Гурский И.А., Творогова А.А. Сохранение качества мороженого при температуре -18 °С. Мир мороженого и быстрозамороженных продуктов. 2018. №1. С. 12–15.
4. Bondar S., Trubnikova A., Chabanova O. Дослідження мембранного процесу видалення лактози з концентрату маслянки. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. 2018. Т. 20. № 85. С. 62–69.
5. S. Bondar, O. Chabanova, T. Sharakhmatova, A. Trubnikova. Analysis of a new diafiltration method of cleaning buttermilk from lactose with mineral composition preserved. Харчова наука та технологія. 2018. Т. 12. №. 1. С.90–98.

6. Трубнікова А.А., Шарахматова Т.Є., Мамінтова К.О., Цупра О.С. Біотехнологічні аспекти отримання йогуртної основи для виробництва низьколактозного морозива. Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2018. № 9 (1285). С. 243–255.

7. Поліщук Г.Є. Формування складних дисперсних систем молочного морозива з натуральними компонентами: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04. Київ, 2013. 438 с.

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ХРАНЕНИЯ НИЗКОЛАКТОЗНОГО МОРОЖЕНОГО

Правильное хранение мороженого обеспечивает сохранение его пищевой и биологической ценности, предохраняет от порчи и недостатков в течение всего срока годности. При хранении мороженого в его составе и качестве происходят различные изменения, которые можно замедлить, сильно затормозить, но полностью избежать нельзя. Основными компонентами рецептуры образцов низколактозного мороженого избраны: жидкий безлактозный белково-липидный концентрат пахты, пребиотики (инулин и лактулоза), стабилизатор, сахар, имбирь, лимонная кислота и йогуртная основа (смесь пахты и сухого безлактозного обезжиренного молока) с пониженным содержанием лактозы и с пробиотическими свойствами (для производства йогуртной основы использовали сухую бактериальную закваску «Йогурт» (VIVO), в состав которой входят культуры: *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* + *Lactobacillus acidophilus* + *Bifidobacterium lactis*. Срок годности образцов низколактозного мороженого определяли по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим, структурно-механическим показателям качества. Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что гарантированный срок хранения исследуемого продукта – не более 180 суток при температуре минус 26 ... минус 28°C. В течение этого времени сохраняются пробиотические свойства образцов низколактозного мороженого. Наиболее вероятное число молочнокислых микроорганизмов в образцах через 180 суток хранения составляет $1 \cdot 10^7$ КОЕ/1г, количество бифидобактерий – $1 \cdot 10^7$... $5 \cdot 10^7$ КОЕ/1г. Бактерии группы кишечных палочек в 0,1 г низколактозного мороженого в течение 6 месяцев хранения не выявлены. Титруемая кислотность образцов в конце хранения не превышала 60°Т. В опытных образцах мороженого в течение 180 суток хранения показатели сбитости и сопротивления таянию изменились незначительно, а именно взбитость уменьшилась на 3,3–3,8%, а сопротивление таянию – на 4,2–4,4%. Структурные элементы (воздушные пузырьки и кристаллы льда) в молочном низколактозном мороженом характеризуются высокой дисперсностью. В частности, доля кристаллов льда до 50 мкм превышала 90% после процесса закалки. После закалки и в процессе хранения в образцах образуются мелкие, органолептически неощутимые (менее 50 мкм) кристаллы льда. Средние размеры кристаллов льда в образцах низколактозного мороженого при хранении в течение 180 дней увеличились на 17,6%–20,7%. Средние размеры воздушных пузырьков в образцах низколактозного мороженого уменьшились на 6,7%–7,1%. Кристаллы лактозы в образцах не идентифицированы. Содержание лактозы в образцах мороженого составляет 0,98%–1,24%. Незначительные изменения физико-химических показателей образцов низколактозного мороженого не влияют на органолептические показатели продукта, а отсутствие бактерий группы кишечных палочек является весомым доказательством правильности выбора всех режимов основных технологических процессов и свидетельствуют о сохранении качества продукта в процессе хранения и его полное соответствие всем требованиям нормативно-технической документации.

Ключевые слова: низколактозное мороженое, хранение, показатели качества.

REGULATED REGIMES OF LIBRARY OF LOW-CLOCTOTIC FROZEN

Proper storage of ice cream ensures the preservation of its nutritional and biological value, protects against spoilage and deficiencies during the entire shelf life. When storing ice cream in its composition and quality, various changes occur that can be slowed down, slowed down considerably, but can not be completely avoided. The main components of the formulation of low-lactose ice cream samples are: liquid lactose-free protein-lipid concentrate of buttermilk, prebiotics (inulin and lactulose), stabilizer, sugar, ginger, citric acid and yoghurt base (a mixture of buttermilk and dry, lactose-free skim milk) with a reduced lactose content and probiotic properties (a dry bacterial “Yogurt” (VIVO) starter was used for the production of a yogurt base, which includes cultures: *Streptococcus thermophilus* + *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* + *Lactobacillus acidophilus* + *Bifidobacteri* The results of the conducted studies allow us to state that the guaranteed shelf life of the tested product is not more than 180 days at a temperature of minus 26–28°C. During this time, the probiotic properties of samples of low-lactose ice cream are preserved. The most probable number of lactic acid microorganisms in the samples after 180 days of storage is $1 \cdot 10^7$ CFU/1 g, the number of bifidobacteria is $1 \cdot 10^7$... $5 \cdot 10^7$ CFU/1 g. Bacteria of the group of *E. coli* in 0.1 g of low-lactose ice cream for 6 months of storage not detected. The titrated acidity of the samples at the end of storage did not exceed 60°Т. In test

samples of ice cream for 180 days of storage, the rates of confluence and melting resistance changed insignificantly, namely the whipping decreased by 3.3–3.8%, and the melting resistance – by 4.2–4.4%. Structural elements (air bubbles and ice crystals) in dairy lactate-free ice cream are characterized by high dispersity. In particular, the fraction of ice crystals up to 50 μm exceeded 90% after the quenching process. After quenching and during storage, fine, organoleptic imperceptible (less than 50 microns) ice crystals are formed in the samples. The average size of ice crystals in samples of low-lactose ice cream during storage for 180 days increased by 17.6%–20.7%. The average size of air bubbles in samples of low-lactose ice cream decreased by 6.7%–7.1%. Crystals of lactose in the samples are not identified. The content of lactose in ice cream samples is 0.98%–1.24%. Minor changes in the physicochemical parameters of samples of low-lactose ice cream do not affect the organoleptic characteristics of the product, and the absence of bacteria of the coliform group is a weighty proof of the correctness of the choice of all modes of basic technological processes and indicate preservation of the quality of the product during storage and its full compliance with all requirements of regulatory and technical documentation.

Key words: *low-lactose ice cream, storage, quality indicators.*

ТРАНСПОРТ

УДК 631.361.43

Павлов Г.О.
АТ «МОТОР СІЧ»

Кулагін Д.О.
Запорізький національний технічний університет

АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІДВАЛЬНОЇ ОРАНКИ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ТРАКТОРАМИ РІЗНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Робота присвячена аналізу ефективності оранки ґрунту тракторами різної виробничої потужності. Наведена методика визначення економічно обґрунтованої оптимальної кількості сільськогосподарської техніки та часу, необхідних для оранки земельних ділянок різної площі. Установлено, що найнижча витрата палива та часу під час проведення відвальної оранки землі спостерігається при застосуванні міні-тракторів виробничою потужністю у 10–20 к. с.

Ключові слова: виробнича потужність, трактори, кількість часу, обробка землі.

Постановка проблеми. Оброблення земельних ділянок може виконуватися такими способами, як розрихлення й оранка землі (20–40 см), мінімальна (10–16 см) і поверхнева обробка (6–10 см) або застосування таких методів обробки землі, за яких не порушується земельний покрив.

Методи обробки, за яких не порушується цілісність ґрунту, наприклад мульчення, з одного боку, супроводжуються значним економічним ефектом завдяки зменшенню кількості застосованої техніки й зменшенню витрат на пально-мастильні матеріали, які зазвичай становлять найбільшу кількість витрат, проте цей метод передбачає застосування значно більшої кількості хімікатів для боротьби зі шкідниками, а також підвищення родючості ґрунтів, що може відобразитися на якості продукції; крім того, цей метод більше підходить для угідь, розташованих у вологих тропічних широтах.

Метод мінімального оброблення використовується для розрихлення кам'янистого ґрунту та земельних ділянок, на яких є кореневища й зачатки швидкорослих бур'янів, проте на, відміну від оранки, яка є найбільш енергоємною, під час мінімальної та поверхневої обробки в ґрунті не утримується волога, тому повністю виключити орання для більшості кліматичних зон (зокрема й для посушливих) неможливо. Під час застосування одного й того самого способу оброблення може бути завдана шкода земельній ділянці (зни-

ження гумусового покриву, заболочування, зниження харчової цінності культур тощо), тому для утримання прийнятної рівня врожайності земельної ділянки та високого економічного ефекту її оброблення необхідно грамотно поєднувати вищенаведені способи оброблення землі.

Оскільки виключення деяких способів оброблення землі, зокрема орання, для більшості кліматичних зон неможливе, то головною проблемою рослинництва можна вважати не збільшення об'єму врожайності, а зменшення собівартості первинного оброблення землі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемою оптимізації процесу оброблення землі займалися такі вчені, як З.М. Азізов, Л.В. Юшкевич, А.Г. Щитов, Ю.Н. Зубарев, Ю.Ф. Кордюков, у працях яких насамперед зверталася увага на збільшення врожайності земельних ділянок на підставі багаторічних дослідів із вирощування злакових культур, проте економічна ефективність оптимізації оброблення земельних ділянок ними ніяк не аналізувалася [1; 2; 3]. Під час подальшого ознайомлення з працями, пов'язаними з оптимізацією процесів оброблення земельних ділянок, була виявлена незначна кількість робіт, у яких наводився економічний аналіз оптимізації оброблення земельних ділянок.

Економічною оцінкою ефективності проведення земельних робіт займалися такі вчені, як

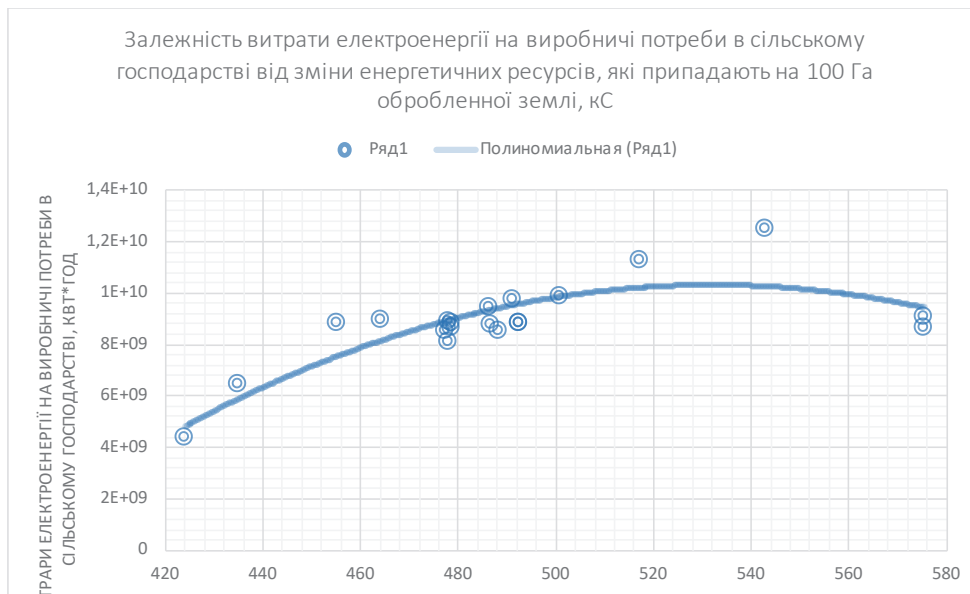


Рис. 1. Залежність сумарних потужностей обладнання, необхідних для орання 100 га землі, від фактичного значення витраченої електроенергії на виробничі потреби в сільському господарстві

Н.І. Селіванов, В.Н. Запрудський. У своїй статті [4] вони проводили економічний аналіз процесу оброблення землі (орання, мінімальна, поверхнева та нульова обробки) тракторами, які належали лише до однієї серії (серія К-744), і різниця між ними була тільки в їх вартості й у витратах на їх обслуговування. Весь свій аналіз вони проводили, спираючись тільки на економічні показники процесу оброблення землі, не враховуючи особливостей технології оброблення ґрунту, про які говорилося в одній зі статей [5] тих самих авторів. В іншій статті [5] Н.І. Селіванова, В.Н. Запрудського проводився порівняльний аналіз ефективності оброблення землі всіма можливими способами на підставі показника опору ґрунту, чого недостатньо, оскільки в цьому методі не враховуються характеристики тракторів, а враховується лише обладнання, яке агрегується з тракторами. Н.З. Джабборов у своїй праці [6] запропонував методику, яка базується на застосуванні прогнозового коефіцієнта енергетичної ефективності, згідно з якою можна оцінити ефективність використання всіх видів сільськогосподарської техніки, яка використовується для оброблення земельних ділянок, однак для якісного аналізу економічної ефективності обробки землі необхідно в методиці, наведеній у статті [6], застосувати методику, наведені в працях [4; 5].

Постановка завдання. Метою статті є визначення ефективності орання земельних ділянок площею від 1 га до 500 га сільськогосподарською

технікою різної потужності на прикладі тракторів виробництва ОАО «МТЗ» на основі аналізу витрат пально-мастильних матеріалів (далі – ПММ) і необхідної кількості часу для орання земельних ділянок.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно з такими дослідниками, як Р.А. Іванух, С.Л. Дусановський, Є.М. Білан, сумарна потужність обладнання, яке використовується під час оброблення землі, може залежати від спожитої електроенергії на виробничі потреби в сільському господарстві, тому на підставі відомостей, наведених у роботі вищезгаданих авторів [7], була складена регресійна модель, одним із результатів розв'язку якої є залежність, наведена нижче.

Із вищенаведеної залежності видно, що під час орання 100 га землі економічно обґрунтованим буде застосування механізованої сільськогосподарської техніки, сумарна виробнича потужність якої не більша за 532 к. с. Із числового значення сумарної виробничої потужності можна знайти оптимальне значення кількості часу, яка необхідна для оброблення земельної ділянки одним механізованим засобом (наприклад, тракторами). Оптимальне значення часу, який необхідний для оброблення землі, буде залежати від продуктивності механізованого засобу, площі земельної ділянки, виробничої потужності механізованого засобу та його оптимального значення виробничої потужності. Але для більш точного визначення оптимальної кількості часу, необхідного для

оброблення землі, треба враховувати коефіцієнти, які характеризують ефективність використання сільськогосподарської техніки для певного типу ділянок; також на тривалість оброблення землі може впливати й питомий механічний опір обладнання, яким обробляється земельна ділянка [5].

$$\tau = \frac{N_{np} \cdot S \cdot F_{my} \cdot k_0 \cdot v_{np} \cdot \left(\frac{\omega}{2 \cdot \pi}\right)^{-1} \cdot \lambda_{Bp}}{N \cdot \Pi \cdot v_{k0} \cdot v_k \cdot v_{cn}}, \quad (1)$$

де τ – оптимальне значення кількості часу, який необхідний для оброблення земельної ділянки механізованими засобами, годин;

N – виробнича потужність трактора, к. с.;

N_{np} – економічно обґрунтоване значення виробничої потужності обладнання, к. с. (на 100 га земельної ділянки, яка обробляється, має припадати не більше 532 к. с. обладнання);

S – площа земельної ділянки, яка обробляється, га;

Π – продуктивність механізованого засобу, яким обробляють земельну ділянку, $\frac{\Gamma a}{год}$;

F_{my} – номінальне тягове зусилля трактора, Н•м;

k_0 – питомий механічний опір ґрунту машин під час оброблення земельних ділянок, $\frac{кН}{м}$;

v_{np} – максимально можливе значення швидкості оброблення землі, $\frac{км}{год}$;

v_{cn} – оптимальна швидкість оранки землі, $\frac{км}{год}$ (оптимальна швидкість орання землі становить $5,8 \frac{км}{год}$);

v_{k0} – коефіцієнт варіації зміни тягового опору;

v_k – середнє значення між оптимальною та максимальною швидкістю, $\frac{км}{год}$;

ω – швидкість обертання валу відбору потужності, c^{-1} ;

λ_{Bp} – показник ефективності використання плуга.

Так само, як і значення економічно обґрунтованого часу, який необхідний для орання земельної ділянки, можна розрахувати й значення економічно обґрунтованої кількості техніки, яка необхідна для орання цієї ділянки, спираючись на значення економічно обґрунтованої сумарної виробничої потужності обладнання, задіяного в процесі орання.

$$n = \frac{N_{np} \cdot S \cdot v_{всн} \cdot 1000 \cdot k_0 \cdot k \cdot \left(\frac{\omega}{2 \cdot \pi}\right)^{-1} \cdot v_k}{N \cdot \Pi \cdot F_{my} \cdot n_{год} \cdot g}, \quad (2)$$

де g – прискорення вільного падіння, $\frac{м}{c^2}$ ($g = 9,8 \frac{м}{c^2}$);

$n_{год}$ – тривалість робочої зміни, год.

В описі технічних характеристик тракторів витрата палива зазвичай наводиться у вигляді питомих витрат, які виражаються у $\frac{кг}{кВт \cdot год}$. При

відомому значенні виробничої потужності трактора та загальної кількості часу можна розрахувати кількість палива, яке необхідне для оброблення певної земельної ділянки, проте для більш точного визначення витрат палива трактором у розрахунку треба врахувати коефіцієнти, які вказують на загальну продуктивність і енерговитрати обладнання.

$$P = P_y \cdot N \cdot 0,736 \cdot \tau \cdot \lambda_{EP} \cdot \lambda_{Wt} \cdot n \cdot \rho^{-1}, \quad (3)$$

де λ_{EP} – показник питомих енерговитрат обладнання;

λ_{Wt} – відносний показник продуктивності сільськогосподарської техніки під час оброблення земельної ділянки;

P_y – питомі витрати палива в тракторі, $\frac{г}{кВт \cdot год}$;

ρ – щільність палива, яке використовує трактор, $\frac{кг}{м^3}$.

Згідно з джерелом [8], максимальна площа земельних наділів, які можуть бути у власності фізичних осіб, становить 500 га, тому розрахунки проводилися для земельних наділів площею до 500 га.

ООО «МТЗ» сьогодні є одним із найбільших виробників моторно-тракторної продукції у світі, виробництво весь час модернізується, що сприяє подальшій модернізації продукції, тому аналіз енерговитрат під час оброблення земельних ділянок тракторами виробництва ООО «МТЗ» може показати мінімально можливі енерговитрати, а заодно може дати змогу проаналізувати економічну ефективність модернізації тракторів.

За формулами (1), (2), (3) можна виконати розрахунок часу й оптимальної кількості обладнання, а також витрати пального для оброблення ділянки; результати розрахунку наводяться в таблиці нижче.

Із таблиці 1 видно, що для оброблення земельних ділянок площею до 500 га, які можуть використовуватися для ведення сільського господарства, достатньо одного трактора з виробничою потужністю в межах 90–100 к. с., проте визначення необхідної кількості часу та рівня витрат палива під час оброблення вищенаведених земельних ділянок може вказати на значення площі землі, яка обробляється, і виробничої потужності тракторів, за яких досягається найбільший економічний ефект.

Збільшення площі земельної ділянки, яка обробляється, буде супроводжуватись і збільшенням задіяної техніки, що може вплинути на витрати палива, оскільки підбір кількості техніки в цій праці виконувався відповідно до показників, які вказують на економічну ефективність задіяного обладнання, тому для подальшого аналізу

Оптимальне значення кількості часу й обладнання для оброблення земельної ділянки [9]

Типа трактора		Міні-трактор «Беларус 132Н»									
Виробнича потужність трактора, к. с.		13									
Виробнича здатність плуга, $\frac{Га}{год}$	Тип плуга – ПН 1-19ПР	0,12									
Площа земельної ділянки, га		1	25	50	75	100	125	150	175	200	225
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		2	6	13	19	25	31	37	43	49	55
Площа земельної ділянки, га		275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		67	73	79	85	91	97	103	109	115	121
Тип трактора		«Беларус 311М»									
Експлуатаційна потужність трактора, к. с.		26									
Виробнича здатність плуга, $\frac{Га}{год}$	Тип плуга – ПЛН-3-25	0,3									
Площа земельної ділянки, га		1	25	50	75	100	125	150	175	200	225
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		1	2	3	4	5	6	7	9	10	10
Площа земельної ділянки, га		275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		13	14	16	17	18	19	20	21	23	24
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		7	8	8	9	9	10	11	11	12	12
Тип трактора		«Беларус 512»									
Експлуатаційна потужність трактора, к. с.		57									
Виробнича здатність плуга, $\frac{Га}{год}$	Р13	0,35									
Площа земельної ділянки, га		1	25	50	75	100	125	150	175	200	225
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
Площа земельної ділянки, га		275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		3	4	4	4	5	5	5	5	5	6
Тип трактора		«Беларус-80.1»									
Експлуатаційна потужність трактора, к. с.		81,6									
Виробнича здатність плуга, $\frac{Га}{год}$	ПЛН-3-35П	0,83									
Площа земельної ділянки, га		1	25	50	75	100	125	150	175	200	225
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Площа земельної ділянки, га		275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Тип трактора		«Беларус-922.5»									
Експлуатаційна потужність трактора, к. с.		95,2									
Виробнича здатність плуга, $\frac{Га}{год}$	ПКМП-3-40Р	1									
Площа земельної ділянки, га		1	25	50	75	100	125	150	175	200	225
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Площа земельної ділянки, га		275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
Кількість тракторів, необхідних для оброблення землі, одиниць		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

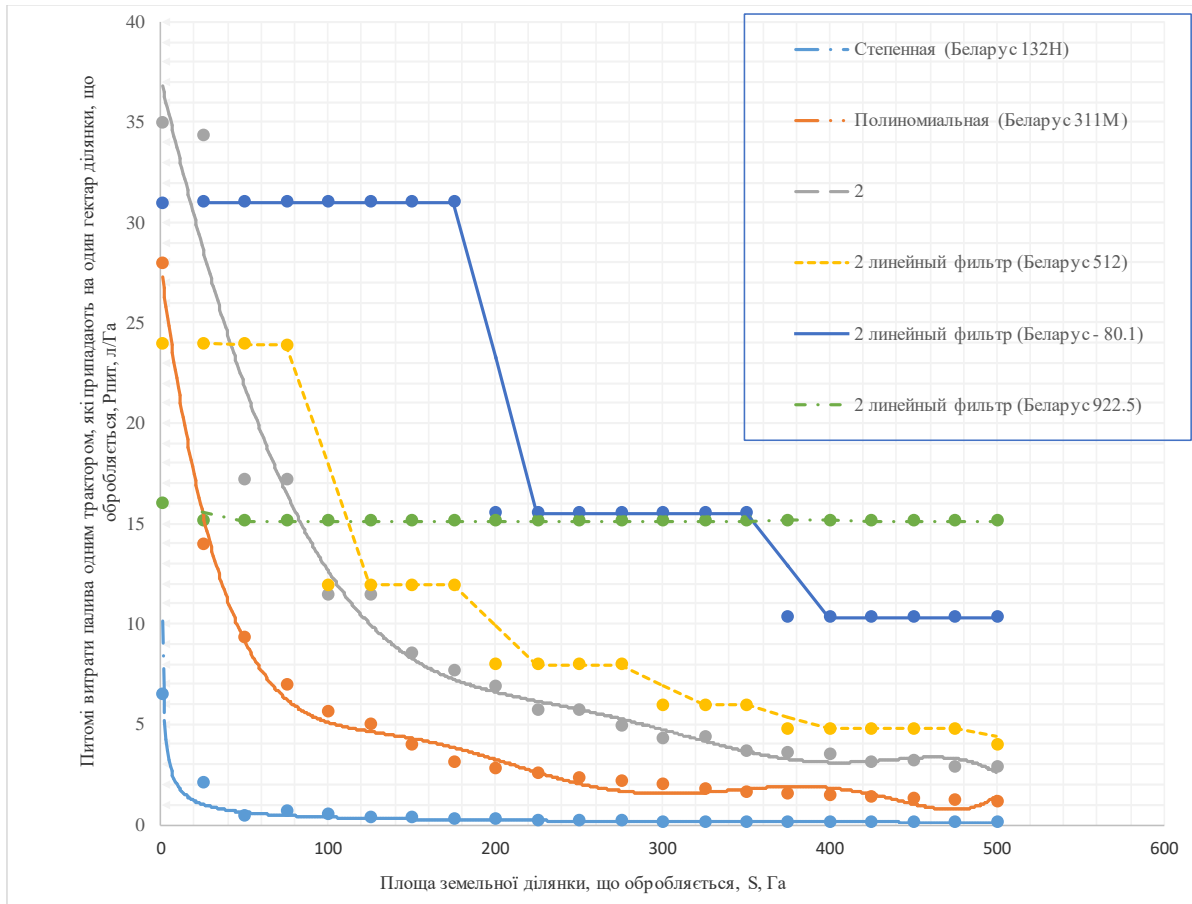


Рис. 2. Залежність питомих витрат палива одним трактором, які припадають на один гектар ділянки, що обробляється, від площі земельної ділянки

ефективності використання того чи іншого типу тракторів, залежності витрати палива від площі пашні витрату палива доцільно буде виразити в питомому значенні, яке припадає на один трактор при кожному зораному гектарі землі.

Із рис. 2 випливає, що найменші витрати палива під час оброблення земельних ділянок спостерігаються під час використання тракторів виробничою потужністю в межах 10–15 к. с. (міні-трактор «Беларус 132Н»).

Під час оброблення земельної ділянки площею 1–3 га тракторами потужністю в межах 20–30 к. с. спостерігається набагато більше значення витрати палива, ніж у тракторів потужністю 10–15 к. с. (на 60,71%), 50–60 к. с. (на 14,28%) і 90–100 к. с. (на 42,86%). До 21 га земельної ділянки, що обробляється, витрати палива тракторами потужністю 90–100 к. с. («Беларус 922.5») будуть меншими, ніж тракторами 20–30 к. с. («Беларус 311М»).

Найбільше значення питомої витрати палива тракторами для земельних ділянок від 1 га до 19 га спостерігається в тракторів потужністю 30–40 к. с. («Беларус 321»). При площі ділянки, що

обробляється, у межах 1–19 га витрата палива трактором «Беларус 321» може бути більша за витрату палива трактором «Беларус 922.5» на 16,22%, на ділянці до 42 га витрата палива трактором «Беларус 321» на 35,14% більша за витрату трактором «Беларус 512», а на ділянці до 83 га витрата палива тракторами «Беларус 321» на 56,76% більша, ніж витрата палива тракторами «Беларус 922.5».

Питомі витрати палива тракторами «Беларус 512» на земельній ділянці, що обробляється, площею 1–100 га не змінюються і становить 24 л. На площі ділянки в 100–112 га питомі витрати палива трактором «Беларус 512» можуть бути до 33,33% більшими, ніж трактором «Беларус 80.1».

Найбільше значення питомої витрати палива спостерігається під час оброблення земельної ділянки трактором «Беларус 80.1». На ділянці до 78 га витрата палива трактором «Беларус 80.1» більша на 22,58%, ніж трактором «Беларус 512», а на площі ділянки до 221 га питомі витрати палива можуть бути до 56,76% більшими, ніж під час оброблення трактором «Беларус 922.5». При цьому на площі ділянки в межах 221–350 га

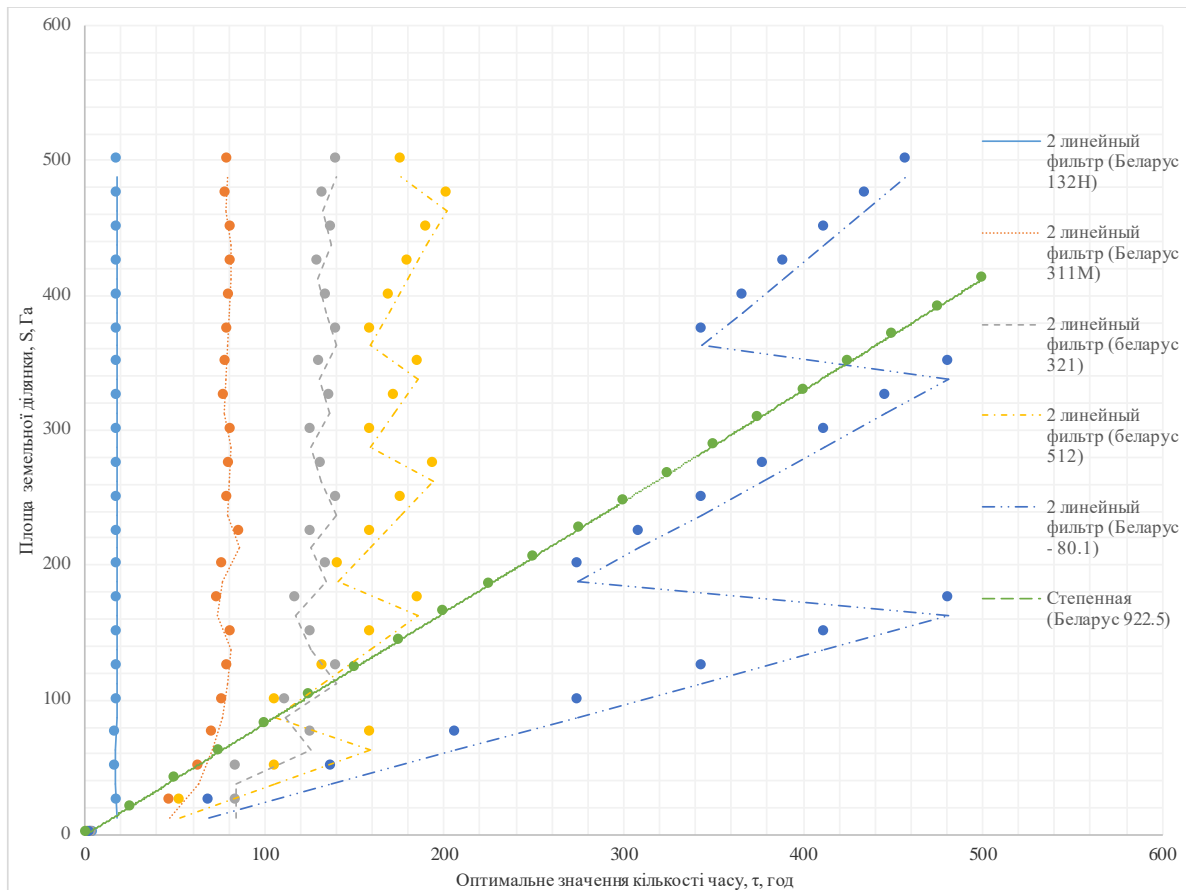


Рис. 3. Залежність значення площі земельної ділянки, яка обробляється, від значення оптимальної кількості часу, необхідного для її оранки

питомі витрати палива трактором «Беларус 80.1» на 3,23% більші, ніж у трактора «Беларус 922.5».

Під час оброблення ділянок площею 1–20 га питома витрата палива трактором «Беларус 922.5» становить у межах 16 – 15 , причому на всьому іншому проміжку (від 20 га до 500 га) витрата має однакове значення й не змінюється (15).

Залежності питомої витрати палива від площі землі, яка обробляється, майже всіх типів тракторів, окрім «Беларус 922.5», мають низхідний характер, що свідчить про зниження питомої витрати палива при збільшенні площі землі, яка обробляється, оскільки збільшується й кількість задіяної техніки, що пришвидшує процес оброблення землі й призводить до зниження витрат палива, які припадають на один трактор при обробленому одному гектарі землі. Крім того, графіки для тракторів «Беларус 512» і «Беларус 922.5» мають характер сходинок, що свідчить про значну різницю в оптимальному значенні часу для певного значення площ земельних ділянок, що обробляються.

Оскільки з графіків, зображених на рис. 2, видно, що на витрату палива також впливає три-

валість оброблення землі, то оптимальне значення часу оброблення землі варто відобразити у вигляді залежності.

Із залежностей, наведених на рис. 3, видно, що під час збільшення площі земельної ділянки оптимальна кількість часу оброблення землі трактором «Беларус 132Н» майже ніяк не змінюється й знаходиться в межах 17,11(-0,35...5,63%) год, різка зміна кількості часу в бік збільшення (від 4,5 год до 18 год) спостерігається лише на площі земельної ділянки до 21 га, що пояснюється різкою зміною необхідної кількості тракторів. Лінійний характер залежності можна пов'язати з необхідністю задіяння значної кількості тракторів цього типу (міні-тракторів) під час оранки земельних ділянок площею від 25 га (рис. 2), завдяки чому можна ділянки різної площі обробити за той самий час із набагато меншою витратою палива (порівняно з іншою технікою).

Залежності для тракторів «Беларус 311М» і «Беларус 321», наведені на рис. 3, мають характер, наближений до лінійного, а оптимальне значення кількості часу для трактора «Беларус 311М»

знаходиться в межах 73(-55,32...+15,12%) год, а для трактора «Беларус 321» – 121(-16,06...30,67%) год. Менш лінійний характер залежностей, наведених на рис. 3, який виражається в збільшенні інтервалу оптимального значення кількості часу у відсотковому співвідношенні, для тракторів «Беларус 311М» і «Беларус 321» можна пов'язати з меншою кількістю тракторів, яка необхідна для оброблення земельної ділянки.

Характеристики зміни оптимального значення кількості часу залежно від площі ділянки для тракторів «Беларус 512» і «Беларус 80.5» мають характер сходинок, що вказує на вплив як потужності, так і задіяної кількості тракторів на витрату палива кожним трактором, що впливає й на кількість часу, необхідного для оброблення земельної ділянки, у бік його збільшення. Сходинковий характер залежності, наведеної на рис. 2, також може вказувати на значне пришвидшення процесу орання земельної ділянки під час використання додаткових виробничих потужностей, наприклад додаткових тракторів меншої потужності чи іншого допоміжного обладнання (багаторярусних плугів тощо).

Лінійний характер має залежність для трактора «Беларус 922.5», із чого можна зробити висновок, що тривалість оброблення земельної ділянки прямо залежить від її площі. Тривалість оброблення земельної ділянки до 18 га трактором «Беларус 922.5» приблизно така сама, як і під час її оброблення трактором «Беларус 132Н», а порівняно з тривалістю оброблення землі трактором «Беларус 311М» – на 42,64% менша. Приблизно до 60 га оброблення землі трактором «Беларус 922.5» буде швидшим, ніж трактором «Беларус 311М», до

90 га – ніж тракторами «Беларус 321» і «Беларус 512», а при значенні площі ділянки до 423 га процес оранки землі трактором «Беларус 922.5» буде швидшим, ніж трактором «Беларус 80.5».

Висновки. Із проведеного дослідження випливає, що для економічно ефективного орання земельних ділянок, які можуть знаходитись у приватній власності (до 500 га), згідно з фондом часу й витратою палива достатньо одного трактора потужністю 90–100 к. с. (трактор «Беларус 922.5»). Під час дослідження економічно обґрунтованого значення часу й витрати палива, необхідних для орання земельних ділянок, було встановлено, що найменші витрати палива та часу спостерігаються під час використання тракторів виробничою потужністю 10–15 к. с. (міні-трактор «Беларус 132Н» або його аналоги), причому найбільші витрати палива й тривалість оброблення земельної ділянки спостерігалися під час застосування тракторів виробничою потужністю 60–90 к. с. (трактор «Беларус 80.5» і його аналоги).

Згідно з дослідженням, задіяння додаткових засобів для оброблення земельних ділянок, таких, як трактори меншої потужності, багаторярусні плуги, може пришвидшити процес орання до 19%, але подальше пришвидшення може призвести до збільшення витрат палива, причому чим менша площа ділянки, тим ефективнішим буде застосування додаткових засобів.

Проведене дослідження дасть змогу виконати раціональний підбір обладнання (тракторів, плугів тощо) для орання земельної ділянки з міркувань заощадження як часу, так і пально-мастильних матеріалів.

Список літератури:

1. Юшкевич Л.В., Щитов А.Г., Хамова О.Ф., Кононов С.В. Оптимизация обработки почвы и применения средств химизации при возделывании второй пшеницы после пара в южной лесостепи западной Сибири. Достижение науки и техники АПК. 2013. № 9. С. 20–22.
2. Азизов З.М. Влияние приемов основной обработки почвы и удобрений на мощность гумосового слоя и запасы гумуса чернозема южного. Плодородие. 2015. № 5. С. 1–4.
3. Смирнова Н.Н., Авдеенко А.П. Обработка почвы. Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. № 11. С. 291–295. URL: <http://e-koncept.ru/2016/86064.htm>. (дата звернення: 17.09.2018).
4. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н. Оценка эффективности использования тракторов серии К-744Р на основной обработке почвы. Вестник КрасГАУ. 2013. С. 166–172.
5. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н. Эффективность технологических процессов основной обработки почвы. Вестник КрасГАУ. 2012. С. 179–185.
6. Джаббаров Н.И. Основы оценки энергоэффективности технологических процессов и технических средств обработки почвы. Молочнохозяйственный вестник. 2014. № 4. С. 76–83.
7. Иванух Р.А., Дусановський С.Л., Білан Є.М. Аграрна економіка і ринок. Збруч, 2003. 305 с.
8. Деякі питання удосконалення управління у сфері використання та охорони земель сільськогосподарського призначення державної власності та розпорядження ними: Постанова Кабінету міністрів України від 7 червня 2017 р. № 1700. 2017. Кабінет міністрів України. Офіційний вісник України. 2017. № 51. С. 14. Ст. 1569. URL: http://www.ccu.gov.ua/sites/default/files/3_4090.pdf (дата звернення 17.09.2018).
9. Продукція. Офіційний сайт ООО «МТЗ». URL: <http://www.belarus-tractor.com/catalog/> (дата звернення 17.09.2018).

АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТВАЛЬНОЙ ВСПАШКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ТРАКТОРАМИ РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ

Работа посвящена анализу эффективности вспашки почвы тракторами различной производительной мощности. Приведена методика определения экономически обоснованного оптимального количества сельскохозяйственной техники и времени, необходимых для вспашки земельных участков различной площади. Установлено, что самый низкий расход топлива и времени при проведении отвальной вспашки земли наблюдается при применении мини-тракторов производственной мощностью в 10–20 к. с.

Ключевые слова: производительная мощность, тракторы, количество времени, обработка земли.

ANALYSIS OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF PLOWING LAND PLOTS OF TRACTORS OF VARIOUS CAPACITY

The work is devoted to the analysis of efficiency of soil tillage by tractors of different productive capacity. The resulted technique of definition of economically proved optimal quantity of agricultural machinery and the time required for plowing of land plots of various sizes. It has been established that the lowest fuel consumption and time during plowing of land are observed at the application of mini tractors with a production capacity of 10–20 hp.

Key words: productive capacity, tractors, amount of time, processing of the earth.

УДК 621.436

Соломаха А.С.

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

Сірий О.А.

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

Петренко В.Г.

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

Голик А.В.

Національний транспортний університет

Чирка Т.В.

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

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ У ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

У статті розглянуті особливості використання зрідженого газу в автомобільних двигунах, наведено основні переваги та недоліки застосування газу як моторного палива. Проведено огляд сучасних схемних рішень щодо можливості заміни рідкого нафтового палива газоподібним. Доведено перспективність застосування газу, що дає змогу підвищити паливну економічність транспорту, а також покращити його екологічні показники.

Ключові слова: зріджений газ, система живлення двигуна, екологія.

Постановка проблеми. Автомобільний транспорт відноситься до числа найбільш «енергоємних» галузей господарства країни. Він є найбільшим споживачем рідкого палива, що отримується з нафти, світові запаси якої постійно скорочуються. У зв'язку з обмеженістю запасів невідновлюваних природних ресурсів провідні країни світу активно переорієнтовуються на альтернативні джерела енергії, які можна використовувати замість традиційного моторного палива. Іншою причиною підвищеної уваги до нетрадиційного моторного палива є його відносна екологічність.

У зв'язку з проблемами дефіциту енергоресурсів і першочергових задач щодо покращення екології у всіх розвинених країнах ведеться напружений пошук та адаптація до умов експлуатації заміників традиційних видів палива – так званого альтернативного палива [4–7], що умовно можна поділити на чотири категорії:

– традиційне нафтове паливо (бензин, дизельне паливо) з додаванням синтетичних компонен-

тів, які покращують ті чи інші властивості цього палива або зменшують його витрату;

– синтетичне паливо, що отримують шляхом переробки кам'яного вугілля, горючих сланців, природного газу;

– водень та електроенергія;

– спиртове паливо, олії, біогаз, природний та нафтовий гази.

За підрахунками екологів, у великих містах близько 70% всіх шкідливих викидів в атмосферу припадають на автомобілі [1; 2]. Матеріальні затрати на паливо в сфері експлуатації на бензині становлять 25–30% собівартості перевезень, а з газовими двигунами – тільки 10–15% [3]. Це дає можливість скорішого вирішення завдання широкого використання газового палива на автомобільному транспорті.

Зріджений нафтовий газ (далі – ЗНГ) у багатьох роботах розглядається як основне альтернативне джерело енергії [8–10]. Основними компонентами ЗНГ є пропан і бутан.

Виробництво ЗНГ безпосередньо пов'язане з нафтопереробною промисловістю, а його вико-

Основні властивості палива

Властивість/паливо	Бензин	Дизель	ЗНГ	СПГ
Хімічна формула	C_7H_{17}/C_4 до C_{12}	C_8 до C_{25}	C_3H_8/C_4H_{10}	CH_4
Октанове число	86-94	8-15	105+	120+
Нижча теплота згоряння (МДж/м ³)	43,44	42,79	46,6	47,14
Вища теплота згоряння (МДж/м ³)	46,53	45,76	50,15	52,20
Стехіометричний коефіцієнт Повітря/паливо	14,7	14,7	15,5	17,2
Густина при 15°C, кг/м ³	737	820-950	1,85/505	0,78
Температура самозаймання, К	531	588	724	755-905
Питома вага	0,72-0,78	0,508	0,85	0,424

ристання дає змогу забезпечити економію рідкого палива на транспорті і більш низькі викиди шкідливих речовин. Загалом, звільняються ресурси рідкого палива, а також знижується забруднення повітряного басейну.

Все перераховане робить переобладнання транспортних засобів на стиснутий та зріджений газ економічно вигідним, навіть, незважаючи на зниження максимальної потужності двигуна та незначне погіршення тягово-швидкісних показників переобладнаних автомобілів.

В Україні також триває процес збільшення кількості транспортних засобів, які працюють на зрідженому газі, зокрема і шляхом переобладнання автомобілів, які живляться рідким паливом нафтового походження. Як зазначалося вище, це дає змогу покращити еколого-економічні показники ДВЗ [11]. Крім того, важливим моментом є значно нижча вартість зрідженого газу порівняно з бензином та дизелем.

Використання газового палива у транспортній галузі спонукає розвиток широкого кола газовикористовуючого обладнання, це і безпосередньо газобалонне устаткування з необхідною електронікою, а також комплекс заправних станцій для зрідженого палива і компресорні станції для природного газу. В Україні сформувався досить ємний ринок газового палива й обладнання, необхідного для його використання на транспорті. Виробництвом цього устаткування займаються як вітчизняні, так і зарубіжні компанії [12].

Характеристики зрідженого газу як моторного палива. ЗНГ, як правило, являє собою суміш декількох газів у різних пропорціях. Композиція комерційного ЗНГ досить різноманітна, основними складниками є пропан (C_3H_8) та бутан (C_4H_{10}).

У табл. 1 наведено порівняльні властивості ЗНГ, бензину, дизельного палива та природного газу.

Газоподібна суміш палива та повітря у камерах згоряння двигуна автомобіля для ЗНГ усуває про-

блеми, пов'язані з холодним пуском, що мають місце за використання рідкого палива. ЗНГ краще дифундує в об'єм окисника, що дає змогу отримати гомогенну пальну суміш за більш низьких температур повітря, ніж це досягається під час спалювання бензину або дизельного палива. Ці якості призводять до легшого запуску, більш надійного холостого ходу, плавного прискорення та більш ефективного горіння з меншою кількістю незгорілих вуглеводнів, що наявні у відпрацьованих газах. На відміну від бензинових двигунів, які характеризуються значним рівнем емісії шкідливих речовин під час прогріву, рівень викидів із ЗНГ залишається майже без змін незалежно від його теплового стану. Випаровування ЗНГ під час розширення у разі виходу з форсунки в камері згоряння двигуна не змиває масло зі стінок циліндрів і не розбавляє його під час розігріву двигуна. Це допомагає подовжити ресурс двигуна, а також зменшити витрати на його технічне обслуговування. Позитивним моментом у цьому є високий показник співвідношення вмісту водню до вуглецю палива, що дає змогу автомобілям, які працюють на паливі зі значним вмістом пропану, запобігати утворенню нагару порівняно з бензиновими та дизельними транспортними засобами. ЗНГ забезпечує майже таку ж потужність, прискорення та крейсерські характеристики швидкості, як бензин. Високе значення октанового числа показує, що потужність двигуна та ефективність використання палива можуть бути збільшені порівняно з використанням бензину, за забезпечення надійної бездетонаційної роботи. За допомогою більш точного налаштування системи можна компенсувати меншу щільність енергії палива.

Значна кількість автомобілів з бензиновими двигунами переведена на споживання пропану шляхом застосування відносно недорогих конверсійних комплектів, що включають: регулятор/випарник, який служить для випаровування пропану з рідкої фази, та повітря/паливний змішувач,

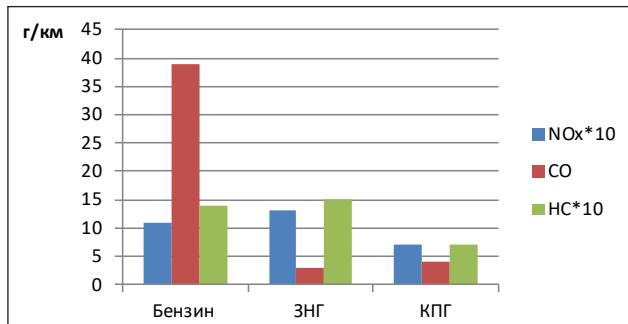


Рис. 1. Характеристики двигуна без каталітичного очищення продуктів згорання [14]

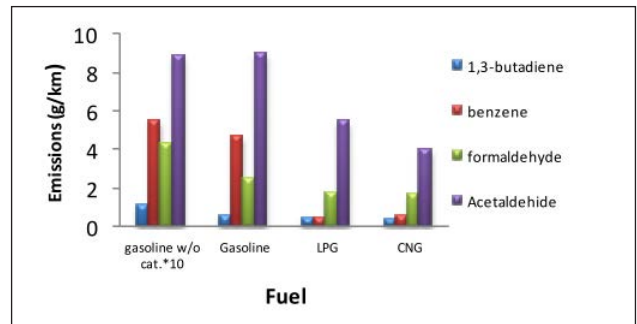


Рис. 2. Екологічні характеристики ДВЗ для різних видів палива

що призначений для вимірювання і перемішування палива з фільтрованим вхідним повітрям перед подачею у камеру згорання двигуна. Крім того, до паливного комплексу включено замкнуту схему зворотного зв'язку, яка постійно контролює вміст кисню у відпрацьованих газах і у разі потреби регулює відношення повітря/паливо. Автомобілі, що використовують ЗНГ, потребують установки спеціального паливного бака, який експлуатується у значеннях надлишкового тиску до 20 кг/см², що набагато менше, ніж для зрідженого природного газу (до 200 кг/см²).

Системи живлення двигунів із ЗНГ. Загалом технологія живлення двигунів для транспортних засобів, що працюють на ЗНГ, аналогічна до технологій для автомобілів на природному газі, за винятком того, що ЗНГ не використовується у дизелях з комбінованою схемою живлення через його досить високі детонаційні характеристики [13].

Є два варіанти двигунів з іскровим запалюванням, що працюють з використанням ЗНГ.

1. Подача палива до двигуна контролюється регулятором або випарником, який також випаровує зріджений газ. Паливо у газовій фазі потрапляє до змішувача, який розташований поблизу впускного колектора двигуна. Тут також відбувається вимірювання його витрати та перемішування з попередньо відфільтрованим повітрям і наступне спалювання вже у камері згорання ДВЗ.

2. Другий варіант являє собою двигун з іскровим запалюванням та безпосереднім впорскуванням ЗНГ до камери згорання, що насамперед покращує екологічні показники ДВЗ за забезпечення високої термічної ефективності порівняно з наявними агрегатами. Двигуни з безпосереднім впорскуванням палива у циліндри використовують технологію пошарового розподілу заряду на низьких навантаженнях, тоді як на максимальних режимах навантаження вдається забезпечити впорскування суміші, що близька до гомогенної.

Таким чином, порівняно з варіантом, коли паливо подається у впускний колектор інжекційного двигуна досягається значна економія палива, збільшується потужність. Крім того, вдається забезпечити необхідну надійність під час холодного запуску.

Вплив на навколишнє середовище. Внаслідок більшого значення октанового числа перевага як автомобільного палива віддається пропану порівняно з бутаном. Можливість більш глибокого збіднення паливної суміші пропану з бензином порівняно з чистим бензином дає змогу запобігати детонації та дає можливість збільшити коефіцієнт стиснення.

Стосовно емісійних характеристик слід зазначити значну схожість ЗНГ з природним газом. На гістограмі (рис. 1) приведено кількісні емісійні характеристики під час спалювання бензину, ЗНГ та стисненого природного газу (СПГ). Перехід з бензину на ЗНГ та СПГ призводить до суттєвого скорочення викидів CO. Використання газу також сприяє зниженню викидів NO_x.

ЗНГ має менший вміст вуглецю, ніж бензин або дизельне паливо. За використання його у двигунах з іскровим запалюванням утворюється порівняно мала кількість твердих часток, CO і помірна кількість викидів HC.

Домішки різних вуглеводнів у ЗНГ можуть впливати на склад та реакційну здатність відпрацьованих газів. Збільшений вміст олефінів у ЗНГ призводить до збільшення озonoутворюючого потенціалу відпрацьованих газів. Викиди неметановмісних вуглеводнів та CO менші, ніж на бензині. Викиди CO₂, як правило, також дещо нижчі ніж для бензину через нижчий вміст вуглецю та високе октанове значення ЗНГ. Викиди NO_x подібні до викидів від бензинових автомобілів, але їх можна ефективно контролювати, використовуючи триступеневі каталізatori. Загалом ЗНГ має більші викиди порівняно з СПГ за рахунок вищого

вмісту CO та вуглеводнів, які є більш фотохімічно активними.

Сучасні автомобілі, які працюють на двох видах палива, характеризуються значним скороченням викидів. Середні викиди за результатами випробувань та витрата палива на п'яти легкових автомобілях, які оснащені замкнутим контуром триходових каталізаторів та газобалонною установкою для ЗНГ третього покоління, наведені в таблиці 2. Випробування були проведені для міського їздового циклу [14].

Таблиця 2

**Викиди забруднюючих речовин
для двигунів на ЗНГ**

Тип двигуна	NO _x	NMHC	CO
Пасажирський автомобіль (г/км)	0,13	0,1	0,6
Вантажний автомобіль (г/к.с-год)	2,8	0,5	23,2

Сучасні двигуни, оснащені ЗНГ, а також трисупуленевим каталізатором можуть легко відповідати стандартам відпрацьованих газів (Euro 5 і 6). Двигуни, що працюють на збіднених сумішах, у поєднанні з каталізатором окислення можуть також досягти дуже високих емісійних показників. При цьому майже повністю відсутні викиди твердих часток.

У звіті про викиди в International Association for Natural Gas Vehicles (IANGV) показано, що викиди бензолу, формальдегіду та метанолу нижчі приблизно в 10 разів (див. рис. 2). Загалом сумарний токсичний вплив у разі переходу від бензину до газу у транспортних засобах без застосування каталітичного очищення суттєво зменшується.

У дослідженні, яке проведено в рамках Енергетичної програми системних технологічних досліджень (ETSAP), встановлено, що ЗНГ має відносно високий енергетичний потенціал на одиницю маси, але на одиницю об'єму цей показник є недостатнім. Таким чином, паливні баки для ЗНГ займають більше об'єму та дещо важчі порівняно з бензиновими або дизельними. Тестування двопаливних автомобілів показало приблизно 15% скорочення викидів парникових газів (на одиницю відстані) порівняно з експлуатацією транспорту тільки на бензині. Автомобілі з сучасною двопаливною системою живлення виробляють значно менше викидів NO_x та практично нульові викиди твердих частинок порівняно з бензином [14].

Проведені авторами статті випробування двопаливної системи живлення на автомобілі

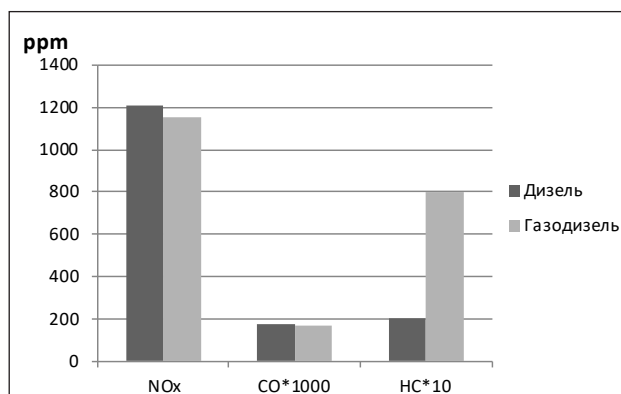


Рис. 3. Результати вимірювання екологічних показників роботи ГАЗ-3309 з дизелем Д245.7

ГАЗ-3309 з дизелем Д245.7 [16–17] засвідчили зменшення димності, яка у роботі за дизельним циклом становила 71%, а у роботі за газодизельним циклом – 9%. Під час проведення стендових випробувань були визначені концентрації монооксиду вуглецю CO, вуглеводів C_mH_n та оксидів азоту NO_x у відпрацьованих газах (див. рис. 3).

Концентрації вуглеводнів у повному навантаженні у роботі за газодизельним циклом становили 83 ppm при n = 1600 хв⁻¹, більшість з яких складає метан, що не згорів.

Майже всі транспортні засоби, що працюють на ЗНГ, нині експлуатуються на вторинному ринку бензинових автомобілів.

Висновок. Погіршення екологічної ситуації та необхідність зменшення залежності від нафти спонукає до активного використання альтернативних видів палива, зокрема у двигунах автомобілів. Зберігається чітка тенденція зростання рухомого складу автомобільного транспорту і попиту на альтернативне паливо на фоні збільшення дефіциту рідкого палива нафтового походження. Постійно стають більш жорсткими вимоги до екологічної безпеки транспортних засобів.

Очевидно, що вирішення проблеми можливе з впровадженням найсучасніших технологій, використанням палива кращої якості та екологічності. Альтернативні види палива, такі як зріджений нафтовий газ (ЗНГ), зріджений або стиснений природний газ (ЗПГ або СПГ), у разі застосування в двигунах дають змогу значною мірою покращити екологічність автомобільного транспорту та знизити витрати палива. Особливо слід підкреслити зниження викидів оксиду вуглецю та вуглеводнів.

Двигуни з ЗНГ аналогічні бензиновим двигунам і забезпечують практично однакову продуктивність та високі характеристики згорання.

У забезпеченні відповідного законодавчого регулювання ЗНГ як альтернативне паливо може замінити приблизно 10% поточного використання нафти і тим самим суттєво скоротити рівень викидів CO, CO₂ та твердих часток транспортом.

У разі переобладнання двигунів на використання зріджених газів слід детально дослідити основні робочі параметри з метою отримання їх оптимальних значень: співвідношення повітря–паливо, робочого тиску та коефіцієнта стиснення.

Список літератури:

1. Guardiola C, Pla B., Bares P., Barbier A. An analysis of the in-cylinder pressure resonance excitation in internal combustion engines. *Applied Energy*. 2018. Vol. 228, pp. 1272–1279.
2. Mohd Fahmi Othmana, Abdullah Adama, G. Najafic, Rizalman Mamat Green fuel as alternative fuel for diesel engine: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. December 2017. Vol. 80, pp. 694–709.
3. Kirti Bhandari¹, Akhil Bansal, Anuradha Shukla¹ and Mukesh Khare Performance and emissions of natural gas fueled internal combustion engine: A review. 2, March 2005. *Journal of Scientific & Industrial Research*. Vol. 64, pp. 333–338.
4. Jeaduk Ryu, Ki Hyung Lee An experimental study of the flame propagation and combustion characteristics of LPG fuel. *Fuel*. June 2005, Vol. 84, Issue 9, P. 1116–1127.
5. Mustafa K.F., Gitano-Briggs H.W. Effect of variation in liquefied petroleum gas (LPG) proportions in spark ignition engine emissions. *International conference on environment*. 2008.
6. Muhammad Imran Khan, Tabassum Yasmin, Abdul Shakoор, Technical overview of compressed natural gas (CNG) as a transportation fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 51. Pp. 785–797.
7. Xuning Fenga, Minggao Ouyanga, Xiang Liua, Languang Lua, Yong Xiaa, Xiangming Hea Thermal runaway mechanism of lithium ion battery for electric vehicles: A review. *Energy Storage Materials*. 2018. Vol. 10. pp 246–267.
8. Elvers BS. *Handbook of fuels: energy sources for transportation*. Wiley-VCH-Verlag GmbH & Co; 2008. p. 142–149.
9. Parkash S. *Petroleum fuels manufacturing handbook: including specialty products and sustainable manufacturing techniques*. McGraw-Hill Professional Publishing; 2009. p. 4–10.
10. Alfredas Rimkus, Modestas Berioza, Mindaugas Melaika, Romualdas Juknelevičius, Zenonas Bogdanovičius. Improvement of the Compression-ignition Engine Indicators Using Dual Fuel (Diesel and Liquefied Petroleum Gas), *Procedia Engineering*, Vol. 134, 2016, pp. 30–39.
11. Дикий М.О., Петренко В.Г., Соломаха А.С., Рябов В.В., Устименко Є.В. Газодизельна система живлення автомобільного двигуна з мікропроцесорним керуванням. Наукові нотатки Луцького національного технічного університету за галузями знань «Технічні науки». Міжвузівський збірник. 2011. Вип. 31. С. 120–123.
12. Електронне джерело. URL: <http://avtotransoil.com/gaz/gbo-na-dizel-ustroystvo-sistemyi-i-printsip-raboty/>.
13. K.J. Morganti et al., The autoignition of Liquefied Petroleum Gas (LPG) in spark-ignition engines. *Proc. Combust. Inst*. 2014, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proci.2014.06.070>
14. Albela H.Pundkar, S.M. Lawankar, Dr. Sameer Deshmukh Performance and Emissions of LPG Fueled Internal Combustion Engine: A Review. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. Vol. 3, Issue 3, March 2012. pp 1–7.
15. Lee, S., Oh, S., and Choi, Y. Performance and emission characteristics of an SI engine operated with DME blended LPG fuel. *Fuel*. 2009. vol. 88, pp.1009–1015.
16. Ковбасенко С.В., Голик А.В., Петренко В.Г., Соломаха А.С., Устименко Є.В. Розробка та дослідження мікропроцесорної системи живлення дизеля, що працює за газодизельним циклом. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2018. № 1. Том 29(68). Ч. 3. с. 96–102.
17. Петренко В.Г., Ковбасенко С.В., Барабаш П.О., Соломаха А.С., Голик А.В. Дослідження впливу фази впорскування газового палива на показники роботи газодизеля. Наукові нотатки Луцького національного технічного університету за галузями знань «Технічні науки». Міжвузівський збірник. 2018. Вип. 62. С. 185–189.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖИЖЕННОГО ГАЗА В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В статье рассмотрены особенности использования сжиженного газа в автомобильных двигателях, показаны основные преимущества и недостатки использования газа в качестве моторного топлива. Проведен обзор современных схемных решений по возможности замены жидкого нефтяного топлива газообразным. Доказана перспективность использования газа, что позволяет повысить топливную экономичность транспорта, а также улучшить его экологические показатели.

Ключевые слова: сжиженный газ, система питания двигателя, экология.

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE USE OF LIQUEFIED GAS IN THE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

In the article features of the use of liquefied gas in automobile engines are considered, the main advantages and disadvantages of using gas as motor fuel are given. An overview of modern circuit decisions on the possibility of replacing liquid petroleum gas with gaseous is made. The prospect of gas application, which allows to increase fuel efficiency of transport as well as improve its environmental performance, is proved.

Key words: liquefied gas, engine power system, ecology.

БУДІВНИЦТВО

УДК 625.731

Арсеньєва Н.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ ПОКРИТТЯ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВАХ

У статті розглянуті питання визначення міцнісних характеристик асфальтобетонних шарів покриття під час роботи в різноманітних температурних умовах. Сучасні дорожні одяги є багатошаровими конструкціями і під час розрахунку необхідно мати у своєму розпорядженні дані про стан кожного окремого шару. Асфальтобетон є термопластичним матеріалом, адже фізико-механічні властивості залежать від температури розрахункового тіла. Таким чином, забезпечення нормативних вимог під час проектування і розрахунку конструкції нежорсткого дорожнього одягу повинно відбуватись тільки з урахуванням міцнісних показників асфальтобетонних шарів під час роботи в широкому температурному діапазоні.

Ключові слова: міцність асфальтобетонних шарів, нежорсткий дорожній одяг, асфальтобетонні шари, термопластичні властивості, модуль пружності.

Постановка проблеми. Асфальтобетон є найбільш поширеним матеріалом для влаштування дорожніх покриттів. Під впливом зростаючих транспортних навантажень і чинників довкілля термін служби асфальтобетонних покриттів не достатньо високий. У процесі експлуатації дорожнього одягу зміна властивостей асфальтобетону під навантаженням у часі відбувається з різною інтенсивністю. У асфальтобетонних шарах, що працюють у тих або інших умовах експлуатації, не дивлячись на високі нормативні показники фізико-механічних властивостей, можуть накопичуватися пластичні деформації і покриття перестає задовольняти нормативним вимогам.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наведені в літературі дані свідчать про те, що реальні міцнісні властивості асфальтобетонів залежать від дуже великої кількості параметрів (характеристик) асфальтобетонів, тобто кожна суміш індивідуальна, тому нормативи визначають межу придатності асфальтобетонів для будівництва.

У дорожніх покриттях експлуатаційні умови роботи асфальтобетону можуть відрізнитися великою різноманітністю температурно-вологісного режиму, температура асфальтобетону у верхньому шарі покриття може досягати близько +100°C у теплу пору року [1; 2; 3].

Питаннями зміни властивостей асфальтобетону (залежно від складу матеріалу і температури)

займалися такі вчені: А.О. Іноземцев, М.Ф. Почапський, В.К. Веренько, М.І. Волков, І.П. Гамеляк, Н.В. Горелишев, В.К. Жданюк, В.О. Золотарьов, В.В. Мозговий, І.А. Риб'єв, А.В. Руденській та ін.[4; 5; 6; 7; 8; 9]. Усі дослідники прийшли до єдиної думки, що за позитивних температур міцнісні характеристики і модуль пружності асфальтобетону (і асфальтобетонного шару) зменшуються зі зростанням температури незалежно від структури і складу асфальтобетону.

Постановка завдання. Основною метою дослідження є аналіз та визначення даних про міцність асфальтобетонних шарів для розрахунків нежорстких дорожніх одягів. Теорія міцності і метод розрахунку нежорсткого дорожнього одягу, як і будь-яких інших інженерних споруд, виявляються достатньо ефективними лише тоді, коли враховані основні фізичні явища, що виникають у конструкції за умов дії на неї навантажень і природних чинників.

Виклад основного матеріалу дослідження. Тільки якщо розрахункова схема і критерії граничного стану, закладені в методику розрахунку, правильно відображають дійсний напружений стан, а також природу і характер деформацій, що мають місце в окремих елементах конструкцій, можна чекати задовільної відповідності між результатами розрахунку і поведінкою дорожнього одягу в експлуатації. Експлуатація в'язко-пружних матеріалів за високих рівнів навантаження і тем-

ператури заставляє переглянути концепцію розрахунку асфальтобетонних шарів. Моленаром [10] були встановлені чисельні значення комплексного модуля пружності асфальтобетону в діапазоні температур від 0°C – $E=1,5 \cdot 10^4$ кг/см² до +40°C – $E=2 \cdot 10^2$ кг/см². (одиниці виміру за першоджерелом). А.В. Руденським [4] запропонована залежність модуля пружності асфальтобетону від температури у вигляді логарифмічної залежності

$$\lg E = \lg E_0 - BT, \quad (1)$$

де E_0 – модуль пружності при 0°C ;

B – показник теплостійкості.

Румунський дослідник Рафіру [11] проаналізував велику кількість статистичного матеріалу і підготував таблицю модулів пружності різних дорожньо-будівельних матеріалів у великому діапазоні температур (табл. 1).

Таблиця 1

Модулі пружності асфальтобетону в експлуатаційному діапазоні температур (за Рафіром)

t°, C	Асфальтобетон гарячий щільний, $E, \text{кг/см}^2$	Асфальтобетон крупнозернистий пористий, $E, \text{кг/см}^2$
0°	30000	15000
5°	22000	-
10°	16000	10000
15°	12000	-
20°	10000	6500
30°	6000	4800
40°	4000	4150
50°	2000	-

На практиці проектування дорожніх одягів стали враховувати під час розрахунків за критеріями міцності змінні від температури модулі пружності із середини 80-х років минулого століття.

За даними ДерждорНДІ імені Шульгина, міцнісні характеристики всіх матеріалів, що оброблені органічними в'язучими, залежать від експлуатаційної температури (рис. 1).

За результатами аналізу рис.1 можна зробити висновок, що зі зростанням температури міцність зразків на розтяг при згині в діапазоні позитивних температур від 0 °C до +30 °C зменшується. Міцність зразків при короткочасному навантаженні у всьому діапазоні температур (від 0°C до +20°C) вище, ніж міцність при повільно зростаючому (триваліше діє) навантаженні, але з пониженням температури різниця зменшується. Це пояснюється тим, що з пониженням температури асфальтобетон має тенденцію наближатися за властивостями до квазіпружного тіла.

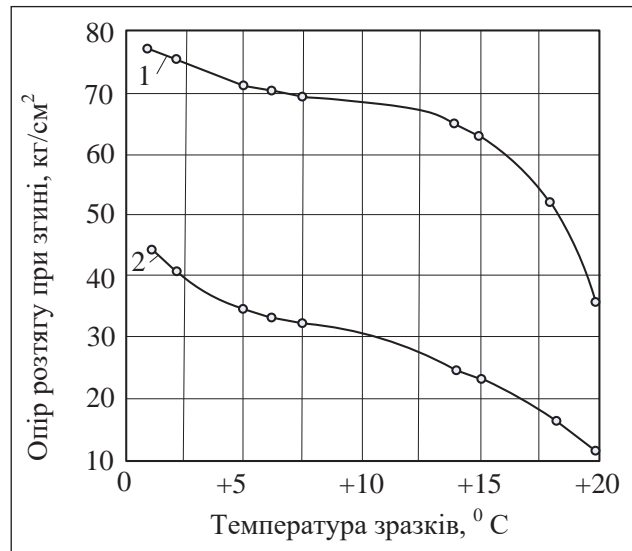


Рис. 1. Залежність межі міцності на розтяг при згині від температури при випробуваннях зразків з дрібнозернистого асфальтобетону за даними ДерждорНДІ ім. Шульгина:

- 1 – випробування короткочасним навантаженням (0,1 сек);
- 2 – випробування повільно зростаючим навантаженням (швидкість навантаження 100мм/хв)

На такі композитні матеріали, як асфальтобетон із коагуляційною структурою, чуттєво впливає температура. Окрім міцності на розтяг при згині, дуже важливо враховувати міцність на зсув.

Численні дослідження в Україні й інших країнах [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11] дозволяють оцінити вплив компонентів асфальтобетону на його зсувостійкість.

В.О. Золотарьов [8], указуючи на принципову структурну особливість асфальтобетону, що характеризується наявністю в ньому коагуляційних мікроструктурних зв'язків, не виключає впливу на його властивості й поведінку таких інших структурних чинників, як вигляд, розмір, характер поверхні, форма мінеральних зерен, а також кількісне співвідношення. Саме комплекс цих чинників наводить до формування асфальтобетону як складної багатокомпонентної конгломератної системи, для вивчення якої доцільно виділяти три структурні частини: макро-, мезо- і мікроструктуру. У кожному із структурних складників асфальтобетону є основні структуроутворюючі компоненти, що характеризують властивості системи: у структурі асфальтов'язучого – це мінеральний порошок, у структурі розчинної частини – пісок, а в макроструктурі – щебінь [8].

Дослідження в ХНАДУ під керівництвом професора В.К. Жданюка [9] і професора В.О. Золотарьова [3, 8], в НГУ – під керівництвом професора

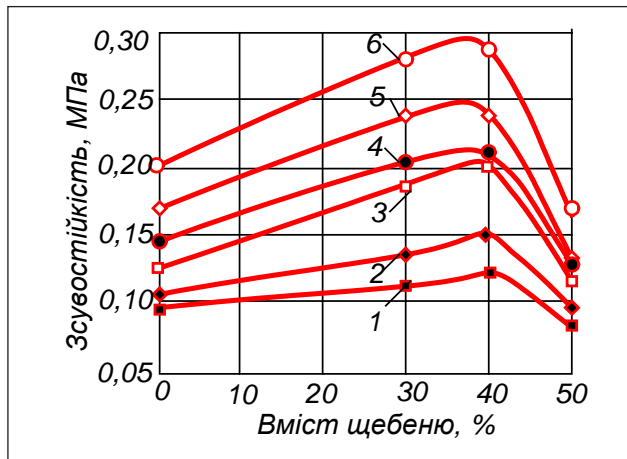


Рис. 2. Залежність опору зсуву від вмісту крупного мінерального заповнювача і марки в'язучого (за С.А. Чугуенко [12]):

- 1 – БНД 130/200;
- 2 – БНД 90/130;
- 3 – БНД 40/60;
- 4 – БНД 130/200 з 3 % СБС;
- 5 – БНД 90/130 з 3 % СБС;
- 6 – БНД 40/60 з 3 % СБС.

В.В. Мозгового [7]. Інші дослідження дозволяють оцінити вплив компонентів асфальтобетону на поведінку асфальтобетонних шарів як термопластичних систем.

На міцність асфальтобетону при температурах $+30^{\circ}\text{C}$ та вище істотно впливає вміст у ньому бітуму, який визначає особливості процесів тертяковзання в площинах, що формуються в процесі зсуву. Залежності зміни внутрішнього тертя і опору зсуву (кручення) від вмісту бітуму мають за експериментальними даними такий характер (рис. 2) [12].

В області надлишкового вмісту бітуму падіння міцності і внутрішнього тертя пов'язане з низькою в'язкістю в малій мірі структурованого в'язучого і зниженням впливу шорсткості поверхонь ковзання на показники зсуву. Уміст бітуму менше оптимального викликає погіршення опору зсуву і внутрішнього тертя в результаті пониження ефективності технологічних прийомів, падіння щільності, зменшення фактичної площі контактів площин ковзання.

Зниження в'язкості бітуму завжди викликає зменшення опору зсуву як підсумкової характеристики процесу деформування. При цьому внутрішнє тертя зі зміною в'язкості (як і температури) змінюється по складній залежності, для якої характерна наявність максимального значення. Із збільшенням температури вище оптимально, як і в разі малов'язких бітумів, величина коефіцієнта

визначається змащувальним ефектом плівок бітуму і асфальтов'язучої речовини.

Таким чином, температура випробування і в'язкість бітуму однаково впливають на величину опору зсуву і внутрішнього тертя асфальтобетону. У цьому разі чинниками, що визначають зсувостійкість, є сили зчеплення в асфальтобетоні, його когезійна міцність.

Дані рис. 2 характеризують вплив вмісту макроструктурних елементів на зсувостійкість. Асфальтобетон, що містить 40% щебеню, має найбільші значення внутрішнього тертя і зчеплення, оскільки в ньому вдало поєднуються властивості структурованих бітумних плівок і каркасу з мінеральних зерен щебеню. Фізико-механічні властивості асфальтобетонів дорожніх і щебенево-мастикових нормуються відповідними нормативними документами. Із низки нормативних фізико-механічних властивостей асфальтобетонів до міцних належить тільки міцність на стиск при температурах 0°C ; $+20^{\circ}\text{C}$ і $+50^{\circ}\text{C}$.

Останніми роками для щебенево-мастикового асфальтобетону стали нормувати коефіцієнт внутрішнього тертя і зчеплення. Дослідженнями міцності асфальтобетонів на стиск займаються і займалися майже всі наукові й науково-дослідні центри України, Білорусі, Казахстану та інших країн. Дослідження границі міцності асфальтобетонів на розтяг за позитивних температур більше $+20^{\circ}\text{C}$ проводилися у Білорусі (БелДорНДІ), Україні (ХАДІ), Росії (МАДІ, СоюздорНДІ). А от дослідженнями границі міцності асфальтобетонів на кручення займалося дуже вузьке коло дослідників (ХНАДУ – ХАДІ, МАДІ, СоюздорНДІ).

Наведені в літературі дані свідчать про те, що реальні міцнісні властивості асфальтобетонів залежать від дуже великої кількості параметрів (характеристик) асфальтобетонів, тобто кожна суміш індивідуальна. Під час досліджень стиску дослідники використовували різні методики, різниця в яких полягає в різній швидкості навантаження.

Більшість досліджень ґрунтується на швидкості деформування зразків 3 мм/хв., тобто на стандартній методиці. А.О. Іноземцев [13] наводить дані 20-ти секундної міцності на стиск, розтяг і кручення (див. табл. 2).

Найбільший обсяг даних із випробування асфальтобетонів на кручення накоплений на кафедрі ТДБМіХ ХНАДУ. Спираючись на дослідження [3; 8], можна стверджувати таке: міцність на кручення суттєво залежить від швидкості навантаження.

Таблиця 2

Двадцятисекундна міцність асфальтобетону

Тип асфальтобетону	Температура t, °C	А.О. Іноземцев			
		R_{cm} , МПа	$R_{роз}$, МПа	$\sigma_{кр}$, МПа	Коефіцієнт довготривалої міцності на розтяг і стиск
Дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90	50	1,65	0,20	0,35	0,20

Таблиця 3

Середні відношення $R_{cm} / R_{роз}$

Тип асфальтобетону	Температура випробувань	Відношення $R_{cm} / R_{роз}$
асфальтобетон дрібнозернистий	t =+ 50°C	8,25
асфальтобетон середньозернистий	t =+ 50°C	8,69
піщаний асфальтобетон	t =+ 50°C	10,00
	t =+ 40°C	4,00
	t =+ 20°C	2,50

Якщо швидкість навантаження зростає у 15 разів, опір крученню зростає у 2–3 рази. Для двадцятисекундної міцності на кручення (0,35 МПа) [13] і навантажень з швидкістю 1 кг/хв. ($\sigma_{кр} = 0,09$) різниця в 4 рази.

Опір крученню зростає залежно від вертикального навантаження майже в 1,5–2 рази від розміру фракцій щебеню і марки бітуму [13].

Опосередковано міцність на розтяг визначається за Бразильським методом (на розкол). Даних про міцність за одновісного розтягу при підвищених позитивних температурах дуже мало. Пов'язано це зі складністю випробувань на одновісний розтяг. М.В. Горелишев досліджував простий розтяг на розривній машині МАДІ. М.Ф.

Почапський випробував асфальтобетон на розтяг за аналогічним принципом. А.О. Іноземцев [13] наводить дані 20-тисекундної міцності на розтяг.

За температури + 50°C міцність асфальтобетону на розтяг за даними А.О. Іноземцева,

М.Ф. Почапського, Цихлера складає для щільного дрібнозернистого асфальтобетону на бітумі з в'язкістю ≈ 104 пз від 0,2 МПа до 0,26 МПа. Міцність на розтяг, як і міцність на кручення, суттєво залежить від структури асфальтобетону, особливо від в'язкості бітуму.

Крім того, співвідношення міцності на стиск R_{cm} і міцності на розтяг $R_{роз}$ не є постійним і залежить не тільки від температури, а й від типу асфальтобетону. Згідно з дослідженнями М.Ф. Горелишева, А.О. Іноземцева, О.М. Богуславського, в таблиці 3 наведено середні відношення R_{cm} і $R_{роз}$.

Таким чином, узагальнюючи вищевикладене, можна констатувати:

– численні теоретичні й експериментальні дослідження переконливо свідчать про те, що деформативні й міцнісні характеристики асфальтобетонів істотно залежать від структури, складу й експлуатаційної температури;

– в умовах, коли температура дорожньої конструкції, особливо покриття, змінюється не лише протягом року, але й місяця, і доби, за розрахунках на міцність дорожнього одягу необхідно враховувати змінні в часі міцнісні характеристики асфальтобетону;

– у наш час за розрахунків асфальтобетонних шарів дорожнього одягу не враховують специфічні деформації асфальтобетонного покриття: напливи, зсуви, колійність і руйнування.

Висновки. Проведений аналіз показує, що для кожного типу асфальтобетону, який буде або вже застосовується під час будівництва, необхідно визначати розрахункові характеристики випробуваннями і встановити для конкретної конструкції мінімальні значення міцнісних розрахункових характеристик асфальтобетону.

Список літератури:

1. Гамеляк І.П., Якименко Я.М. Аналіз впливу метеорологічних факторів на роботоздатність конструкції дорожнього одягу. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2008. Вип. 75. С. 336–340.
2. Горельшев Н.В., Пантелеєв Ф.И. О пластичности дорожного асфальтобетона. Труды МАДИ. М.:Дориздат,1953. Вып.15. С. 138–152.
3. Золотарев В.А., Ткачук Ю.П. Исследование вязкоупругого поведения асфальтобетона. Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1973. №1. С. 133–137.
4. Руденский А.В., Штронберг А.А., Шестакова Н.А. Сопоставление режимов работы асфальтобетона в различных условиях эксплуатации дорожных покрытий. Труды Гипродорнии. Москва:1974. Вып. 9. С. 3–13.
5. Богуславский А.М. Основы реологии асфальтобетона Москва: Высшая школа, 1972. 200 с.

6. Бонченко Г.А. Асфальтобетон. Сдвигоустойчивость и технология модифицирования полимером. Москва: Машиностроение, 1994. 176 с.
7. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11. Киев, 1996. 406 с.
8. Золотарев В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов Киев: Вища школа, 1977. 114 с.
9. Жданюк В.К., Доценко В.М., Чугуенко С.А., Воловик О.О. До питання про методи оцінки та показники зсувостійкості асфальтобетонів. Автошляховик України. 2008. №3. С.28–30.
10. Molenaar J. M., Kool W. Solute redistribution in stirring cast Al–6Cu .Material Science. 1989. 24. № 5. P. 1782–1794.
11. Rafiroin M. Essai dietude stotigues des consontes elastigues des motiring ronties. Revul Generale des Routes des Aerodromes. 1971. № 467. P. 51–56.
12. Чугуенко С.А. Сдвигоустойчивость асфальтобетонов на битумах, модифицированных полимерами: дис. ... канд. тех. наук. : 05.22.11. ХНАДУ. Харьков, 2006. 185с.
13. Иноземцев А.А. Битумно-минеральные материалы. Л.: Стройиздат, 1972. 151 с.

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье рассмотрены вопросы определения прочностных характеристик асфальтобетонных слоев покрытия при работе в различных температурных условиях. Современные дорожные одежды являются многослойными конструкциями и при расчете их необходимо располагать данными о состоянии каждого отдельного слоя. Асфальтобетон является термопластичным материалом, ведь физико-механические свойства зависят от температуры расчетного тела. Таким образом, обеспечение нормативных требований при проектировании и расчете конструкции нежесткой дорожной одежды должно происходить только с учетом прочностных показателей асфальтобетонных слоев при работе их в широком температурном диапазоне.

Ключевые слова: прочность асфальтобетонных слоев, нежесткая дорожная одежда, асфальтобетонные слои, термопластичные свойства, модуль упругости.

ANALYSIS ASPHALT CONCRETE PAVEMENT STRENGTH CHARACTERISTICS AND PROPERTIES OF AT DIFFERENT TEMPERATURE CONDITIONS

The article considers the questions of the asphalt concrete layers strength characteristics determination when it working in different temperature conditions. Modern pavement are multilayered structures and when calculating them it is necessary to have data on the state of each individual layer. Asphalt concrete is a thermoplastic material – the physical and mechanical properties depend on the temperature of the design body. Thus, the provision of regulatory requirements when designing and calculating the flexible pavement construction should only take into account the asphalt-concrete layers strength characteristics when it operating in a wide temperature range.

Key words: strength of asphalt-concrete layers, flexible pavement, asphalt-concrete layers, thermoplastic properties, modulus of elasticity.

УДК 624.1

Зуєвська Н.В.Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Ваннічна В.В.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Шайдецька Л.В.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

КОНЦЕПЦІЯ ГЕОМОНІТОРИНГУ ТА 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ПІДРОБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ МЕГАПОЛІСУ

У статті проаналізовано причини деформацій з використанням деформаційного моніторингу шляхопроводу. Складено математичну модель перегінного тунелю в ґрунтовому масиві. Виконано числове моделювання перегінного тунелю лінії метрополітену, що проходить під шляхопроводом. Установлено, що зміна глибини закладання тунелю безпосередньо впливає на деформації земної поверхні.

Ключові слова: *перегінний тунель, деформації, моделювання, метрополітен.*

Постановка проблеми. Постійні впливи зовнішніх факторів та експлуатаційних навантажень призводять до поступового зносу споруди, а при наднормативних навантаженнях і до передчасного зносу, незворотних деформацій і руйнування елементів конструкції. Для контролю та прогнозування стану конструктивних елементів і споруд, з метою запобігання тенденції зміни геометричних параметрів споруди в бік розвитку несприятливої ситуації, необхідно проводити періодичні обстеження конструкцій з виконанням комплексу геодезичних вимірювань його геометричних параметрів, тобто деформаційний моніторинг [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До зовнішніх факторів, які впливають на деформації, можна зарахувати геодинамічні наслідки проходки гірничих виробок, експлуатаційні навантаження та зміни зовнішніх кліматичних умов, таких як добова зміна температури повітря й сонячна активність (наявність прямого сонячного випромінювання на різні частини об'єкта), навантаження опадів (снігу), сейсмічні поштовхи.

Основними функціями системи деформаційного моніторингу є вимірювання геометричних і фізичних величин, передача, оброблення, накопичення та надання інформації організації, що обслуговує споруду.

Деформаційний моніторинг може проводитися періодично або безперервно. Часто виникає необхідність застосування обох видів деформаційного

моніторингу в процесі будівництва об'єктів. Одним із сучасних методів дослідження деформацій є застосування автоматизованої системи деформаційного моніторингу (далі – АСДМ), яка дає змогу виконувати неперервні вимірювання деформацій (зсувів) елементів конструкції об'єкта. Супутникові (ГЛОНАСС/GPS) і цифрові геотехнічні датчики для моніторингу допомагають виявити деформації об'єктів, що виходять за межі нормативного діапазону. При цьому забезпечується сантиметровий рівень точності за будь-яких погодних і кліматичних умов у режимі реального часу за допомогою відповідної специфікації та конфігурації АДСМ. Принцип вимірювань дає можливість визначити просторове положення будь-якої точки об'єкта з однаковою точністю й оперативністю.

Результати вимірювань різних датчиків надають інформацію про умови експлуатації об'єктів і їх вплив на геометричну стабільність і стійкість об'єктів. Отже, комплексні АСДМ допомагають виконати аналіз причин деформацій і спрогнозувати поведінку об'єктів загалом та окремих їх конструктивних елементів зокрема.

Завдяки автоматизованій системі деформаційного моніторингу «Кентавр» проведено автоматизований моніторинг деформацій конструктивних елементів шляхопроводу в період проходки тунелів Куренівсько-Червоноармійської лінії метрополітену під Одеською площею в Голосіївському районі м. Києва [2].



Рис. 1. Опори та балка естакади, за якими велись спостереження

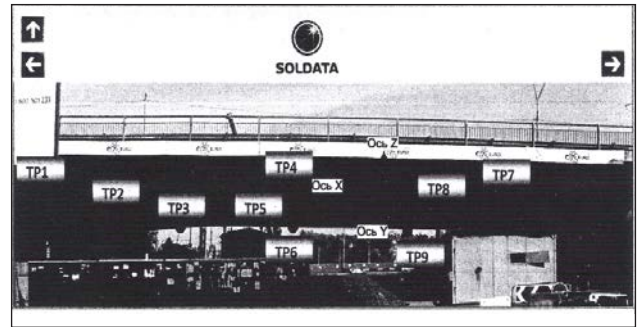


Рис. 2. Розташування деформаційних призм на балці шляхопроводу

Постановка завдання. Мета моніторингу – визначення відхилень конструкції опор шляхопроводу й положення балки естакади в плані та профілі під час проходки тунелів метрополітену.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для забезпечення стабільності розрахунків і працездатності автоматизованої системи спостереження «Кентавр» встановлено необхідну кількість вихідних пунктів: на «клеверному листі» шляхопроводу (з'їзд із шляхопроводу вул. Академіка Заболотного на пр. Академіка Глушкова): забетонувано в ґрунті 4 металеві стовпи з призмами; на опорах шляхопроводу з протилежної від проходки щитового комплексу сторони зафіксовано п'ять призм.

Для визначення кренів і просядок елементів конструкції шляхопроводу, за якими велись спостереження, у визначених місцях встановлені деформаційні призми: на опорах шляхопроводу, розташованого в безпосередній близькості від проектною осі тунелю, – шість призм; на балці естакади – дев'ять призм; на тротуарі й дорозі поздовж осі тунелю – шістнадцять точок спостережень.

До приближення щитового комплексу виміри виконувались для отримання нульових значень і визначення стабільності шляхопроводу без додаткових факторів впливу на фундамент споруди.

Таблиця 1

Результати спостереження зміщення точок

	Вісь	Мінімальне значення, мм	Максимальне значення, мм
Опори шляхопроводу	X	-2	+2
	Y	-1	+2.5
	Z	-3	+5
Балка шляхопроводу	X	-2.5	+5
	Y	-1.5	+3.5
Точки Кентавр	Z	-3	+6
	Z	-2.5	+4

Таблиця 2

Результати вимірів автоматизованої системи впливу на споруду від проходки щитового комплексу

	Вісь	Мінімальне значення, мм	Максимальне значення, мм
Опори шляхопроводу	X	-13,5	-3,5
	Y	-1,5	+6,5
	Z	-6	+5
Балка шляхопроводу	X	+1	+10,5
	Y	-4	+5
	Z	-7	+4
Точки «Кентавр»	Z	-10	+4,5

Виміри проводились в автоматичному режимі електронним тахеометром TCRA 1201 № 238847 виробництва фірми “Leica Geosystems”.

Коливання відхилень можна пояснити постійними й тимчасовими навантаженнями споруди. До початку будівництва тунелю під шляхопроводом значних відхилень конструкції не виявлено, а отримані результати узгоджувались між собою.

У процесі проходки щитового комплексу під шляхопроводом зафіксовано такі максимальні відхилення: X= -11 мм; Y= мм; Z= -9 мм (-11 мм – «Кентавр»).

Для порівняння результатів дослідження деформацій у програмному комплексі “Plaxis 3D Tunnel” побудовано математичну модель [2].

Інженерно-геологічні умови ґрунтового масиву складено такими ґрунтами: насипний ґрунт – потужність 8 м, пісок – потужність 6 м, суглинок – 3 м, глина – 4 м.

По-перше, на моделі відобразимо опору шляхопроводу у вигляді навантаження, що діє на масив ґрунту. По-друге, побудуємо частину перегінного тунелю Куренівсько-Червоноармійської лінії метрополітену, що проходить під шляхопроводом.

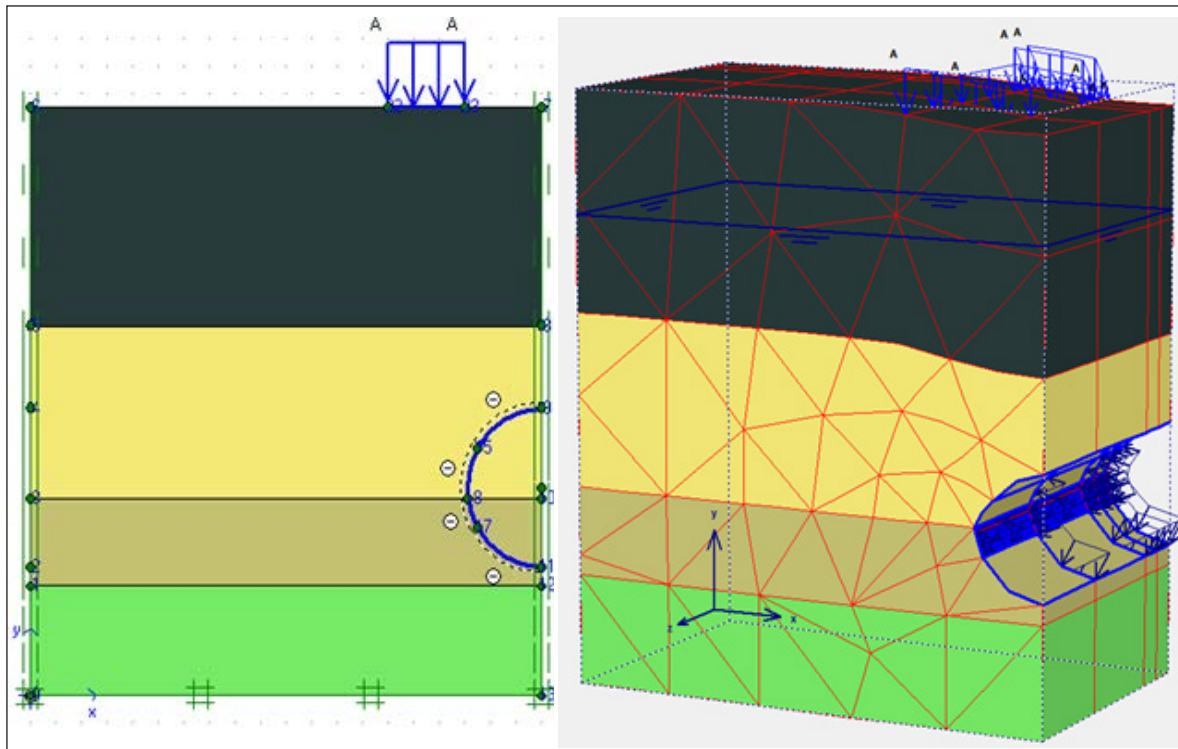


Рис. 3. Розрахункова схема та просідання ґрунтового масиву під час спорудження тунелю метрополітену на запланованій глибині закладання

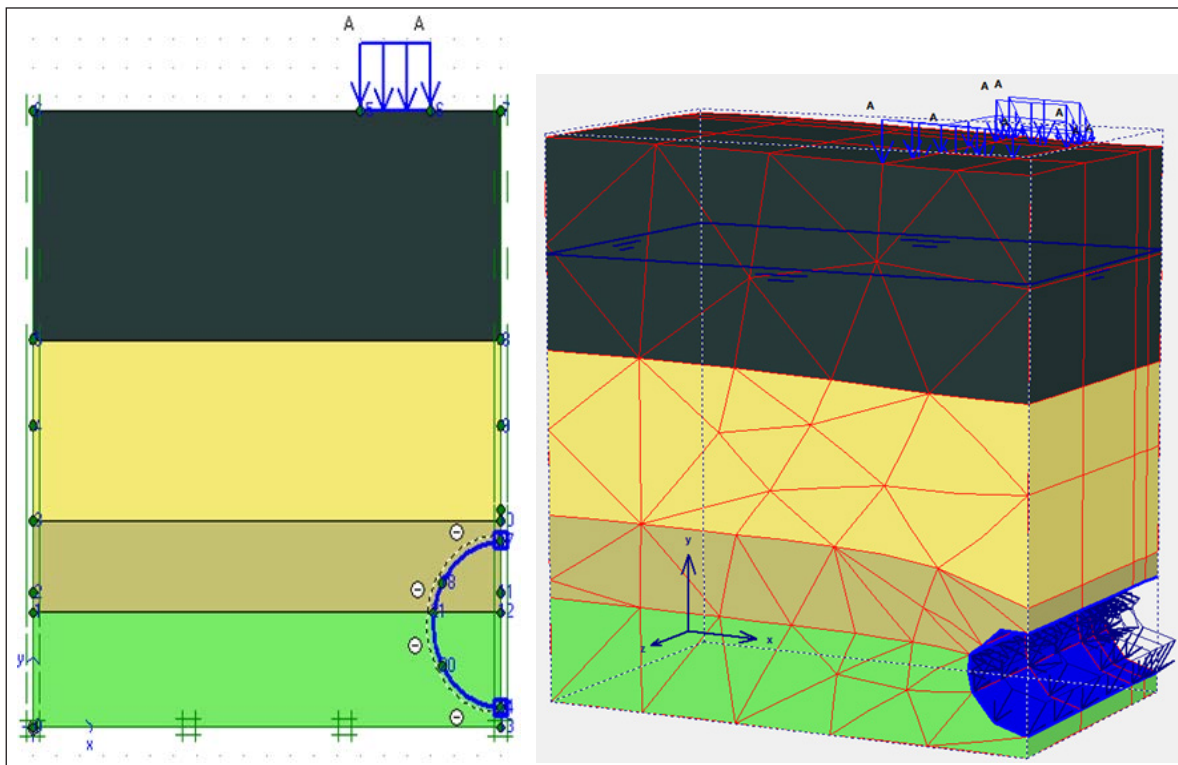


Рис. 4. Розрахункова схема та просідання ґрунтового масиву під час спорудження тунелю метрополітену на 2 м нижче від планової відмітки закладання

Цей тунель проходили щитовим комплексом, діаметр тунелю у світлі – 5,4 м, тип кріплення – залізобетонні тюбінги, товщина тюбінгу – 0,4 м.

У подальшому прослідкуємо за осіданням ґрунту під шляхопроводом. За результатами моделювання просідання ґрунту становить 12 мм, що

відповідає осіданню, яке ми отримали внаслідок спостережень за допомогою автоматизованої системи деформаційного моніторингу.

Додатково проведемо дослідження, в ході якого стане відомо, як зміниться деформація земної поверхні, залежно від зміни глибини проходки перегінного тунелю.

Опустимо цей перегінний тунель на 2 м нижче від планової відмітки закладання.

У цьому випадку просідання ґрунту земної поверхні становитиме 4 мм, що в 3 рази менше від просідання ґрунту, що відбулось при реальній проходці перегінного тунелю.

У результаті поєднання сучасних методів інженерних вишукувань, завдяки яким отримано дані натурних спостережень з просідання земної поверхні, і математичного моделювання в програмному комплексі “Plaxis 3D Tunnel” [3–4] ми

можемо отримати достовірні результати щодо просідання ґрунтового масиву під час спорудження підроблювальних виробок в умовах мегаполісу. Це дасть змогу більш точно й оперативніше враховувати специфіку конкретної місцевості, вживати запобіжні заходи щодо збереження наявних конструкцій на поверхні.

Висновки. Зона деформацій земної поверхні, що виникає під час проведення підземних робіт, залежить від геологічних умов підроблюваного масиву та глибини залягання підземної споруди.

Математична модель деформації земної поверхні під час проведення підземних робіт, створена в програмному комплексі “Plaxis 3D Tunnel”, повністю відповідає натурній моделі деформації земної поверхні, яка створена за допомогою автоматизованих систем деформаційного моніторингу «Кентавр».

Список літератури:

1. Хиллер Б. Автоматизированный деформационный мониторинг – инновационные технологии на службу обеспечения безопасности в горнодобывающей, нефтяной и газовой промышленности. Маркшейдерский вестник. 2010. № 4. С. 54–58.
2. Звіт про автоматизований моніторинг шляхопроводу на Одеській площі м. Києва / «ПІ Укрметротунельпроект». Київ, 2012. Додаток Б. С. 4–8.
3. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник. 2-ге вид., вип. і допов. Київ: Знання, 2012. 574 с.
4. Холод О.В. Вплив підземних робіт на існуючі будівлі і споруди в умовах щільної міської забудови: дис. ... магістр-та: спец. 8.05030102 «Шахтне та підземне будівництво». Київ, 2013. 104 с.

КОНЦЕПЦИЯ ГЕОМОНИТОРИНГА И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

Проанализированы причины деформаций на основе деформационного мониторинга путепровода. Составлена математическая модель перегонного тоннеля в грунтовом массиве. Выполнено численное моделирование перегонного тоннеля линии метрополитена, что проходит под путепроводом. Установлено, что изменение глубины заложения тоннеля непосредственно влияет на деформации земной поверхности.

Ключевые слова: *перегонный тоннель, деформации, моделирование, метрополитен.*

CONCEPT OF GEOMONITORING AND 3D MODELING OF PROMOTIONAL WORKS IN THE MEGAPOLIS CONDITIONS

The causes of deformations on the basis of deformation monitoring of overpass are analyzed. A mathematical model of a transient tunnel in a soil massif is made. A numerical simulation of the transverse tunnel of the metro line under the overpass has been performed. It is established that the change in the depth of laying of the tunnel directly affects the deformation of the earth's surface.

Key words: *transverse tunnel, deformation, modeling, underground.*

УДК 69.059.7

Ковалев В.В.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

Седин В.Л.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

Нечепуренко Д.С.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

РЕОРГАНИЗАЦИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: СТАНДАРТЫ, ПОДХОДЫ И ТЕНДЕНЦИИ

В статье рассмотрены стандарты реорганизации городской среды, ориентированные на эффективное использование земельных ресурсов и распределение нагрузки на городскую транспортную инфраструктуру, высокую степень функционального разнообразия. Проанализированы подходы и тенденции преобразования городской среды, исходя из концепции формирования компактных городов. В условиях дефицита земельных участков проекты редевелопмента дают возможность обновить городскую среду, решить транспортные проблемы, найти потенциал для строительства новых объектов.

Ключевые слова: реорганизация, редевелопмент, реконструкция, ревитализация, реновация.

Постановка проблемы. Одной из проблем развития современных крупных городов является дефицит свободных территориальных ресурсов, в связи с этим возникает необходимость увеличения территориальных резервов за счет ранее использовавшихся в других целях территорий. Такими резервами могут стать территории промышленных и складских предприятий [1–2; 12–13].

С середины XX века в связи с развитием автоматизации и высоких технологий началось резкое сокращение производств в крупных промышленных центрах во всем мире. Своего пика этот процесс достиг в 70–80-х годах прошлого века.

В последние годы и Украина, переживающая период деиндустриализации крупных городов, столкнулась с серьезной проблемой репрофилирования промышленных зон и объектов. Промышленные предприятия в крупных городах прекращают свою деятельность по экономическим причинам или выводятся за пределы города из-за нарушения экологических норм. Часть таких предприятий приходит в упадок, при этом негативно влияя на внешний облик города. Из-за значительного количества требуемых капитальных вложений владельцы предприятий или муниципальные власти практически не занимаются преобразованием промышленных объектов в активные городские пространства.

Анализ последних исследований и публикаций. Согласно работам [4–5; 14–18], соответствие городской среды характеристикам компактного

города осуществляется с использованием системы стандартов комплексного развития территорий.

Данные стандарты ориентированы на эффективное использование земельных ресурсов и распределение нагрузки на городскую транспортную и инженерную инфраструктуру, высокую степень функционального и социального разнообразия, широкий выбор типов жилой застройки, учитывающей потребности различных групп пользователей:

- безопасность: безопасность в открытых пространствах в любое время суток, предотвращение правонарушений и чрезвычайных ситуаций;

- экологичность: качество воздуха, качество озеленения, энергоэффективность, утилизация отходов;

- комфорт: мобильность, баланс публичности и приватности, визуальный комфорт, акустический комфорт, климатический комфорт;

- идентичность и разнообразие: узнаваемость облика, сохранение исторических элементов городской среды, учет сложившихся практик использования зданий и территорий, разнообразие типов пространств, разнообразие функций в жилых зонах, культурное разнообразие.

Реорганизация промышленных территорий – одна из наиболее актуальных во всем мире градостроительных проблем постиндустриального общества. Например, в Киеве они занимают около 7 тыс. га [2]. Исторически сложилось так, что промышленные предприятия, возникшие на волне

индустриализации первой половины XX века на киевских окраинах, в послевоенное время, в эпоху массового жилищного строительства, когда жилищный фонд столицы увеличился почти в 10 раз по сравнению с довоенным периодом, зачастую оказывались в срединной его части. Сегодня, на новом этапе экономического развития общества, после основательных структурных изменений производственного комплекса и его стагнации, здания, сооружения и территории промышленных предприятий используются во многих случаях экстенсивно и крайне нерационально: частично пустуют или сдаются в аренду. В то же время ценность занимаемой ими земли чрезвычайно высока. В условиях острого дефицита площадок для строительства жилых и общественных зданий оставлять эти территории без должного внимания крайне нерационально. Ведь при системном подходе за счет территорий промышленных предприятий можно на ближайшие десятилетия решить проблему строительства жилых и общественных зданий, развития системы зеленых насаждений. Необходимо рассматривать возможности развития крупных городов Украины, прежде всего, за счет внутренних территориальных ресурсов, а не расширения границ городской застройки. Это позволит существенно повысить компактность городов, сделать их более экономичными и удобными для жизни.

Постановка задачи. Целью статьи является анализ подходов и тенденций преобразования городской среды, исходя из концепции формирования компактных городов.

Изложение основного материала исследования. Процесс преобразования (реорганизации) городской среды и её элементов в настоящее время может быть классифицирован в зависимости от степени и направления видоизменения объектов.

Применительно к процессу преобразования промышленных зон можно выделить следующие виды: реконструкция, реновация, джентрификация, браунфилд, ревитализация, редевелопмент. Несмотря на разные подходы к сохранению среды, все эти виды мероприятий относятся к реконструктивным процессам.

Реконструкция предусматривает переустройство введенного в эксплуатацию в установленном порядке объекта строительства, а именно: изменение его геометрических размеров и/или функционального назначения, в результате чего происходит изменение основных технико-экономических показателей (количества продукции, мощности и т. д.), обеспечивается совершенствование произ-

водства, повышение его технико-экономического уровня и качества изготавливаемой продукции, улучшение условий эксплуатации и качества услуг. Реконструкция предусматривает полное или частичное сохранение элементов несущих и ограждающих конструкций и приостановление на время выполнения работ эксплуатации объекта в целом или его частей (при условии их автономности) [8].

Реконструкция зданий является сложным и трудоемким процессом, особенно если речь идет о памятнике архитектуры или исторической застройке, т. к. необходимо не только улучшить эксплуатационные характеристики здания, создать условия для его эффективного использования, но и восстановить его прежний облик.

При реконструкции промышленных объектов внедряются более производительные высокомеханизированные и автоматизированные технологические процессы, достигается более рациональное использование производственных площадей, повышается эффективность использования капитальных вложений.

Реконструкция существенно отличается от нового строительства и имеет свои особенности в проектировании, разработке технологического процесса строительства, специфике выполнения строительно-монтажных работ, что связано с разнотипностью конструктивных и объемно-планировочных решений, стесненностью строительной площадки, необходимостью поэтапного выполнения работ на различных участках, разборкой в отдельных случаях ветхих сооружений или их частей и т. п.

На характер реконструкции застройки влияют такие основные факторы, как характеристики самого города, место застройки в планировочной структуре города, качество микрорайона, квартала, зданий.

При реконструкции значительный объем занимают работы, связанные с разборкой и разрушением конструкций зданий и сооружений. Они отличаются большой трудоемкостью и в значительной степени определяют сроки реконструкции [6; 8].

Реновация представляет собой процесс восстановления структуры и вида поврежденных исторических градостроительных сооружений, фасадов и интерьеров морально и материально устаревших зданий [9].

Джентрификация – реконструкция и обновление строений в прежде нефешенебельных городских кварталах либо согласно программе запла-

нированного городского восстановления, либо в результате решений, принимаемых управляющими. В результате джентрификации происходит повышение среднего уровня доходов населения района за счёт замены жителей с низкими доходами на более состоятельных [3].

Еще одним видом реорганизации городских промышленных зон является браунфилд, который представляет собой создание индустриальных парков на ранее существовавших производственных площадках (бывших заводах и фабриках, цехах или портовых доках). Как правило, в таких местах уже есть строения, которые в дальнейшем реконструируют, некоторые достраивают, обычно имеется подходящая инфраструктура, коммуникации и готовые складские помещения [10].

Ревитализация – термин, используемый в научно-практической деятельности для обозначения процессов воспроизводства, оживления и восстановления городского пространства; означает буквально «оживление» территории или объекта, которые больше не функционируют [7].

Принцип ревитализации заключается в раскрытии и показе новых возможностей старых форм с учетом их функций.

Кроме того, при ревитализации чаще всего используется комплексный подход с целью сохранения самобытности, подлинности, идентичности и исторических ресурсов городской среды.

Большой популярностью в современном мире пользуется ревитализация существующих промышленных комплексов, которые находятся в черте города, что связано с противоречиями между потребностями общества и сложившейся структурой городской среды. В таких случаях ревитализация рассматривается как реконструкция промышленной архитектуры с изменением ее функций. Например, переоборудование промышленных зданий под жилое помещение – лофт. Сегодня ревитализация включает в себя такой смысловой оттенок, как внимательное и бережное отношение к объекту, сохранение духа места и материальной памяти о прошлом. Степень изменения городской среды в процессе ревитализации зависит от степени ценности историко-культурных объектов.

Задачей ревитализации является социализация пространства, разработка элементов инфраструктуры, упорядочивающих туризм и научную деятельность, развитие промышленности, забота об экологии и, как следствие, привлечение инвестиций.

Ревитализация представляет собой частный случай редевелопмента.

Редевелопмент – это один из наиболее эффективных способов перепрофилирования неостребованных в существующем состоянии объектов недвижимости или нерационально используемых территорий [11; 14].

Особенно остро это ощущается в крупных городах, где совершенно четко просматриваются неэффективно используемые территории и отдельные объекты.

Зоны городов, сформировавшиеся под влиянием экономических и политических условий другого времени, предоставляют широкие возможности для редевелопмента: здания, используемые с недогрузкой и пригодные для реконструкции, а также земельные участки для реализации точечного редевелопмента. Интенсивное строительство последних лет привело к практически полному заполнению свободных земельных участков на территории крупных городов Украины.

Логическим продолжением преобразования городской недвижимости является остаточная точечная застройка отдельных земельных участков и параллельно реализация все более сложных проектов реконструкции существующих зданий или редевелопмента сложившихся территорий крупных промышленных комплексов:

- редевелопмент зданий предприятий, не использующих высокие технологии, чтобы переориентировать их на использование под административные цели и научно-исследовательскую работу, связанную с высокими технологиями;

- реконструкция деградированных крупных предприятий для дальнейшего использования в качестве складских и модернизированных офисных зданий;

- снос объектов тяжелой промышленности и последующее использование земли под строительство жилых кварталов или коммерческой недвижимости;

- перепрофилирование неэффективно используемых территорий, на которых располагаются гаражно-строительные кооперативы, малые промышленные предприятия, снегосвалки.

Для осуществления редевелопмента деградированных промышленных территорий необходимы:

- системный анализ рынка недвижимости: общие тенденции рынка недвижимости, состояние сегментов рынка недвижимости, прогноз развития рынка недвижимости;

- полная и всесторонняя оценка объекта недвижимости по направлениям: функциональная принадлежность объекта недвижимости

(производственная, коммунально-складская, деградированные территории, автобазы и т. д.), привлекательность территории (экономическая, градостроительная, ландшафтная, экологическая и т. д.), степень отрицательного воздействия на окружающую среду, анализ культурной, исторической, архитектурной ценности территории и зданий (памятники, рядовая застройка, уникальная современная архитектура), форма собственности, рентабельность, капиталность и техническое состояние (физический износ) зданий;

– формирование стратегии, концепции и команды проекта (концепция включает новое функциональное использование, архитектурные требования, потребительские требования, инженерные, инвестиционные аспекты, юридические параметры; формирование профессиональной команды исполнителей предполагает проведение тендера среди различных специалистов, проектировщиков, консультантов, подрядчиков; разработку тендерной документации);

– инвестиционный анализ (основные допущения и нормативы для финансово-экономических расчетов, организационный план, смета затрат на проект в соответствии с основными составляющими, расчет доходов, график освоения инвестиций, источники, объемы и сроки финансирования, отчет о движении денежных средств, прогнозный баланс, отчет о прибылях и убытках, разработка различных сценариев бюджета проекта, включая оценку и прогноз, разработка бизнес-плана).

Иногда редевелопмент отождествляется с реконструкцией, но это не совсем корректно, поскольку в первом случае изменение конструкций объекта происходит не всегда. Можно говорить о трех основных видах редевелопмента: полный, частичный и поверхностный. Полный редевелопмент предполагает абсолютно новое развитие объектов и территории – начиная с изменения целевого назначения участка и согласования нового проекта и заканчивая прокладкой современных инженерных сетей и организацией новых транспортных развязок. В таком случае промышленные предприятия становятся торговыми или торгово-развлекательными центрами, специализированными или продуктовыми супермаркетами или бизнес-центрами, логистическими комплексами. При полном редевелопменте обязательно следует проводить маркетинговые исследования, разрабатывать концепцию, искать подходящую архитектурную идею, делать финансовый анализ. В этом варианте используется только земельный участок. Полный редевелоп-

мент промышленных объектов лидирует по расходам, поскольку объем необходимых инвестиций равнозначен сумме затрат на реализацию нового проекта и затрат на изменение целевого назначения участка и очистку территории от существующих зданий и конструкций. Частичный редевелопмент означает новую жизнь промышленных территорий и частично объектов с модернизацией или фрагментарным обновлением существующей инженерно-транспортной инфраструктуры. В этом случае не всегда требуется изменять статус участка, зачастую будущий проект реализуется в рамках уже существующего целевого назначения или с небольшими его корректировками. Как правило, так формируются офисно-складские или логистические комплексы с административными зданиями. Частичный редевелопмент стоит на втором месте по затратам. Что же касается поверхностного редевелопмента, то он, как правило, не предполагает серьезной модернизации и конструктивных изменений существующих объектов: ему подвергаются либо административные здания предприятия, либо отдельные цеха. По такому принципу зачастую возводят продуктовыми или строительные супермаркеты, а также небольшие офисные комплексы класса С. В этом случае чаще всего не меняется кардинально транспортная инфраструктура. Поверхностный редевелопмент наиболее выгоден с точки зрения затрат времени и финансовых вложений.

При редевелопменте промышленных территорий инвестору, как правило, необходимо:

- разработать проект переноса производственных мощностей за пределы городской черты;
- подготовить проект сноса существующих зданий и снести их фактически;
- провести работы по очистке территории;
- обновить коммуникации;
- изменить целевое назначение участка;
- получить право собственности на земельный участок;
- разработать новый план развития территории;
- разработать собственно проекты объектов недвижимости;
- непосредственно провести строительные работы;
- реализовать готовый объект.

Но, несмотря на всю сложность процесса, редевелопмент остается очень привлекательной сферой деятельности. Для инвестора в сегодняшних условиях репрофилирование производственных территорий, в частности промышленных зданий,

является привлекательным способом минимизации затрат. Как правило, просторные, многопролетные производственные корпуса, особенно одноэтажные, позволяют обеспечить гибкую планировку, с минимальными затратами решить задачу получения большого количества актуальных сегодня коммерческих площадей – торговых, торгово-развлекательных, логистических. Многие подвергающиеся сегодня реструктуризации предприятия расположены вблизи магистралей и станций метро, что часто становится едва ли не определяющим фактором успешной реализации будущего проекта. К тому же большинство подобных объектов обеспечено инженерной инфраструктурой, в частности энергоснабжением, чем выгодно отличаются от неосвоенных территорий. Сегодня в крупных городах заметно обострилась проблема распределения электрических мощностей, а каждое предприятие, как правило, имело свое мощное распределительное устройство.

Несмотря на все бюрократические и экономические сложности редевелопмента, в Украине достаточно образцов удачного репрофилирования промышленных объектов под коммерческие здания. В Киеве на месте индустриальных объектов появились торгово-развлекательные центры «Караван», «Большевик», «Променада», офисные объекты «Форум Бизнес Сити», «Форум Парк Плаза» и другие. В Харькове процесс редевелопмента начался с приобретения промышленных объектов недвижимости (производственных и складских корпусов, административных зданий крупных предприятий площадью более 1000 м²) новыми собственниками и их реконструкции с репрофилированием под супермаркеты («Рост», «Таргет»), торговые («Сан-Сити»), культурно-развлекательные («Колизей») и бизнес-центры («Телесенс») [11].

И редевелопмент, и ревитализация пространств являются эффективными приемами функциональных изменений концепции объектов и управления

недвижимостью. Разница между данными понятиями – в масштабах объекта и объеме капиталовложений. Редевелопмент предполагает более масштабные изменения объекта (изменение функции промышленной территории, исторических зданий и транспортной инфраструктуры) и значительные инвестиции. Ревитализация территории – через редевелопмент промышленной территории в торгово-развлекательную зону, ревитализация зданий – через реставрацию памятников архитектуры, ревитализация городского пространства – через реконструкцию транспортной инфраструктуры.

Редевелопмент можно перепутать с реновацией, ревитализацией, реконструкцией и джентрификацией. Общее у всех этих процессов то, что в их основе заложены изменение, улучшение и активизация пространства. Но способы и программы у всех разные. Так, ревитализация не всегда связана со сносом и перестройкой.

Редевелопмент, как правило, подразумевает репрофилирование – частичную или полную замену функции. Редевелопмент позволяет использовать те преимущества, которые в современном городе дают концентрация и повышение плотности городской среды.

Редевелопмент – перезагрузка объектов недвижимости. Из не востребуемых и нерационально используемых территорий создаются новые инвестиционно привлекательные проекты.

Выводы. В условиях дефицита земельных участков проекты редевелопмента дают возможность обновить городскую среду, изменить не только архитектурный облик, но и социальный уровень. Если заново реорганизовывать городское пространство, то можно решить транспортные проблемы, найти потенциал для строительства новых дорог, мостов, парков и набережных. Территории, которые ранее были закрыты, напротив, становятся новыми местами притяжения для горожан.

Список литературы:

1. Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду: Закон України від 22.12.2006 № 525-V. URL: zakon0.rada.gov.ua/laws/show/525-16 (дата звернення: 14.08.2018).
2. Генеральний план м. Києва: основні положення / С. Броневицький, В. Присяжнюк, М. Дьомін, С. Целовальник, А. Куделін, Т. Нечаєва. Київ: КМДА, 2015. 134 с.
3. Джентрифікація. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Джентрифікація> (дата звернення: 14.08.2018).
4. Європейська хартія міст II. URL: www.slg-coe.org.ua/wp-content/uploads/2015/05/Principle-9-European-chart.pdf (дата звернення: 14.08.2018).
5. Компактний город. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Компактний_город (дата звернення: 14.08.2018).
6. Основи реконструкції будівель і споруд: навч. посіб. / І.Г. Іваник, С.І. Віхоть, Р.С. Пожар та ін.; за ред. І.Г. Іваника. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2013. 272 с.
7. Ревіталізація. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ревіталізація> (дата звернення: 14.08.2018).

8. Реконструкція (архітектура). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Реконструкція_\(архітектура\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Реконструкція_(архітектура)) (дата звернення: 14.08.2018).
9. Реновація. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Реновація> (дата звернення: 14.08.2018).
10. Інвестиційні об'єкти. URL: <https://www.investlvivregion.com/store.php> (дата звернення: 14.08.2018).
11. Редевелопмент – новая жизнь промышленных зданий. URL: <http://ma-arch.com.ua/редевелопмент-новая-жизнь-промышлен/> (дата обращения: 14.08.2018).
12. Седін В.Л., Ковальов В.В., Кравчуновська Т.С. Комплексний підхід до організації реконструкції промислових підприємств в умовах екологізації міського середовища. Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия «Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении». 2017. Вып. 101. С. 198–202.
13. Седін В.Л., Ковальов В.В., Кравчуновська Т.С. Розвиток методів оцінки, аналізу, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень реконструкції промислових підприємств. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2017. № 2. С. 49–54.
14. Concuera A., Lleonart A. The big book of lofts. New York: Harper Collins, 2007. 384 p.
15. Richard L., Eschemuller J. Urban construction project management. New York: McGraw-Hill, 2008. 480 p.
16. Shevchenko G., Ustinovichius L., Andruskevicius A. Multi-attribute analysis of investments risk alternatives in construction. Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability. 2008. Vol. 14. Iss. 3. P. 428–443.
17. Sidney V.L. Project management in construction. New York: McGraw-Hill, 2006. 402 p.
18. System of project multicriteria decision synthesis in construction / V. Sarka, E.K. Zavadskas, L. Ustinovicus, E. Sarkiene, C. Ignatavicius. Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability. 2008. Vol. 14. № 4. P. 546–565.

РЕОРГАНІЗАЦІЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА: СТАНДАРТИ, ПІДХОДИ Й ТЕНДЕНЦІЇ

У статті розглянуто стандарти реорганізації міського середовища, орієнтовані на ефективне використання земельних ресурсів і розподіл навантаження на міську транспортну інфраструктуру, високий ступінь функціонального розмаїття. Проаналізовано підходи й тенденції перетворення міського середовища, виходячи з концепції формування компактних міст. В умовах дефіциту земельних ділянок проекти редевелопменту дають можливість оновити міське середовище, вирішити транспортні проблеми, знайти потенціал для будівництва нових об'єктів.

Ключові слова: реорганізація, редевелопмент, реконструкція, ревіталізація, реновація.

REORGANIZATION OF URBAN ENVIRONMENT: STANDARDS, APPROACHES AND TRENDS

The article describes the standards of urban environment reorganization, which are oriented to the effective use of land resources and the load distribution for urban transport infrastructure, a high degree of functional diversity. The authors analyzed the approaches and trends of the urban environment transformation, based on the concept of the formation of compact cities. In the conditions of shortage of land plots, redevelopment projects provide an opportunity to renew the urban environment, to solve transport problems, and to find the potential for building new objects.

Key words: reorganization, redevelopment, reconstruction, revitalization, renovation.

УДК 69.001.5

Кропачев Р.В.

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Ахтямова Э.Р.

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

Мухаметзянова З.Р.

МБОУ Гимназия № 54

Зиганшин Р.Т.

Университет управления «ТИСБИ»

Дибиров А.К.

Казанский национальный исследовательский технологический университет

ПОВЫШЕНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

В работе проведен анализ материалов, используемых при 3D-печати в строительстве. Для повышения производительности и обеспечения высокого качества 3D-печати необходимо применение бетона с повышенными свойствами. Предложено использовать для 3D-печати полимерный бетон. Полимерному бетону характерны более высокие физико-механические свойства и долговечность. Повышенная тиксотропность и текучесть полимерного бетона позволяют регулировать сроки его схватывания при 3D-печати с обеспечением высокой прочности.

Ключевые слова: 3D-печать, бетон, свойства, строительство, материалы.

Постановка проблемы. Для строительной отрасли характерно потребление невозобновляемых ресурсов и природных материалов в огромных объемах [1, с. 79]. При этом в строительной отрасли возникают проблемы, связанные с низкой производительностью труда, высокой статистикой аварийных ситуаций на площадках во время строительства, сложностью контроля всех процессов, недостатком квалифицированных рабочих [2, с. 32]. Решением этих проблем является применение 3D-печати, которая получает все большее распространение в строительной сфере [3, с. 62].

Данный факт связан с тем, что технология образования элементов зданий и сооружений с помощью строительной 3D-печати имеет преимущества в сравнении с известными способами бетонирования, заключающиеся в экономии ресурсов, оперативном и точном создании сложных архитектурных форм строящихся зданий.

Возможности 3D-печати и технологии, которые разработаны в мировых лабораториях, позволяют перейти на совершенно новый уровень их применения, а использование технологий послойного синтеза открывает новые возможности при построении бетонных конструкций.

Во всем мире практики-разработчики пытаются решить проблему по подбору строительных материалов для 3D-печати. Поэтому для применения строительной 3D-печати необходимо выполнить изучение и разработку новейших материалов, которым будут свойственны высокие характеристики и долговечность.

Применение обычного бетона для 3D-печати в строительстве невозможно, поскольку существуют требования к таким материалам [4, с. 293]. При выполнении оптимизационных процессов 3D-печати должна учитываться сила сцепления слоев материала, а сам материал должен достаточно быстро затвердевать для выдержки веса уже нанесенных слоев без протекания процессов деформации. Для снижения временного интервала при 3D-печати между смежными слоями с обеспечением достаточной прочности и протекания процесса прочного сцепления между осажденными слоями необходимо применение бетона с повышенными свойствами.

Анализ последних исследований и публикаций. Присадочное производство и цифровое производство привносят новые горизонты в производство бетона и цементного материала при 3D-печати. Возможность строительства бетонных

конструкцій без опалубки являється основним перевагою з точки зору темпів виробництва, архітектурної свободи і скорочення витрат; як зазначено в роботі «Implementation of robotics in building: Current status and future prospects» [3, с. 63], опалубка становить 35–60% від загальних витрат на конкретні конструкції.

Більше того, 3D-друк дозволяє замінити людську працю роботами з цифровим управлінням і реалізувати нові методи в різних умовах [2].

В останні роки інтенсивно розробляються різні методи; наприклад, інтелектуальне динамічне лиття є результатом комбінації методів осадки і цифрової обробки [1; 3]. Друге сімейство цифрового виробництва асоціюється з технологією 3D-друку [4]. Цей метод зазвичай називають «додавочним виробництвом» і складається з об'єднання матеріалів для створення об'єктів, шар за шаром, з даних 3D-моделі. Прикладами таких методів, що належать до цього сімейства цифрової технології, є процес «бетонного друку», розроблений в Університеті Лафборо [4] і метод «Контурний крафт» [5], розроблений в Університеті Південної Каліфорнії.

Одним із способів осадки в будівництві бетону є об'єднання екструзії бетону з використанням цифрових технологій виготовлення. Як зазначають дослідники в статті «3D-друк в будівництві» [4], метою є масштабування настільного 3D-принтера до розміру будівельної площадки. В даний час такі методи не достатньо розвинені для промислового застосування, але вдається створювати стінові елементи в лабораторних умовах [5].

Тем не менше, сама присадочна технологія екструзії може бути застосована для ефективного і надійного процесів в будівництві, причому в промислових масштабах. Для досягнення цієї мети і оптимізації процесу необхідно подолати два основні обмеження [4]: по-перше, міцність з'єднання між сусідніми шарами, яка є слабкою стороною друкованої структури. Варто зауважити, що сила сцеплення буде зменшуватися з часом проміжком між нанесеними шарами [5]. Другим обмеженням є процес затвердіння матеріалу при 3D-друку з течією часу. Матеріал повинен мати достатню твердість для витримки всього ваги посаджених внаслідок сусідніх шарів. Це обмеження призводить до збільшення часу всього будівельного виробництва.

В цьому випадку оптимальний часовий проміжок між нанесеними шарами повинен бути мінімальним, що дозволить забезпечити стабільність і стійкість конструкції в час будівництва. Такий оптимізований часовий проміжок забезпечує максимальну міцність сцеплення і швидкість будівництва, сумісним з стабільною структурою осадженого бетону при 3D-друку.

Здатність осаджених шарів підтримувати власну вагу пов'язана з його реологією і, зокрема, з межею текучості [4]. В час поетапного будівництва стіна першого осажденного шару піддається найважчій навантаженню. Щоб забезпечити стабільність стінки в час процесу, межа текучості повинна бути достатньою для підтримки цієї навантаженню. В цей момент виникає новий парадокс: бетон повинен бути достатньо рідким при екструзії [4], але і достатньо міцним для механічної стабільності структури. Цей парадокс вирішується використанням структурного нарощування бетону при 3D-друку з забезпеченням як достатньої текучості при екструзії, так і стабільності після внесення. Межа текучості бетону з часом збільшується [5]; це оборотне поведіння обумовлено зародженням зерен цементу в момент їх контакту в час періоду спокою до моменту схватывання [4]. Таке збільшення межі текучості зазвичай моделюється з використанням лінійної залежності від часу спокою [5] в час першого часу застигання. Вченими запропонована експоненціальна залежність, яка описує збільшення межі текучості бетону до моменту схватывання [5]. Тут же показано, що конструктивні властивості цементних матеріалів можуть використовуватися для прогнозування або оптимізації виробництва бетону. Наприклад, може бути передбачено зменшення тиску опалубки або проблеми лиття різного шару з використанням швидкості нарощування структури самоуплотняючого бетону [4–8]. В даному випадку структурне нарощування використовується для описування і моделювання процесів збільшення навантаженню, пов'язаного з швидкістю будівництва, і механічної міцності першого осажденного шару бетонної структури.

Існуюча технологія «Контурне будівництво» (КС) [5] – це технологія виготовлення присадок для бетону, в якій присутній комп'ютерний контроль використання найкращих властивостей бетонів при 3D-друку для створення гладких, точних і плоских поверхностей форми з екструдованих матеріалів. Один із важ-

ных аспектов КС – это более низкая стоимость строительства, высокая скорость строительства, гибкость архитектурного дизайна, безопасность и охрана окружающей среды.

Работающие по технологии КС контурные роботы для строительства были разработаны для создания крупных строительных конструкций. Эти машины объединяют процесс экструзии для формирования поверхностей объекта и процесса наполнения (путем заливки или экструзии) для создания основы объекта. При этом с использованием роботов КС могут быть созданы полые стенки с гофрированной внутренней структурой [6]. Роботы КС легки и могут быть быстро собраны, разобраны и транспортированы небольшой командой. Операция по строительству может быть полностью автоматизирована, что требует минимального контроля.

Постановка задания. В данной статье необходимо предложить использование бетона с повышенными свойствами для 3D-печати в строительстве.

Изложение основного материала исследования. Многие исследования в области цифровых технологий изготовления показали, что скорость строительства при 3D-печати влияет на производительность процесса [1–10].

Для сравнения механической прочности нижнего первого осажденного слоя с механической нагрузкой всего веса осажденных слоев необходимо производить моделирование эволюции механической прочности цементного материала до гидратации (которая определяется напряжением текучести материала), так и эволюции во времени механической нагрузки от самой строительной конструкции. При этом необходимо определить возможность слоистой структуры поддерживать собственный вес и момент наступления сбоя, т.е. когда структура начнет разрушаться.

В случае рассмотрения конструкции стены или колонны вертикальное напряжение, действующее на первый осажденный слой, увеличивается со временем с построенной высотой конструкции. Даже если вертикальное напряжение постепенно увеличивается по мере того, как наносятся новые слои, средняя скорость строительства может быть вычислена за время всего строительства. Первоначально было бы естественным выбирать постоянную скорость вертикальной конструкции.

В работе для сравнения послойного нанесения при 3D-печати предлагается использовать полимерный бетон, технология получения которого основана на идее использования неорганических минеральных веществ.

Для проверки данного вида бетона моделируем нагрузку, действующую на цилиндрический образец (т.е. первый осажденный слой) как на конструкцию слой за слоем в цилиндрической колонне. Цилиндрический образец принимаем равным высотой 35 мм с диаметром 60 мм. Начальный предел текучести материала составляет $6 \cdot 10^3$ Па, что достаточно для обеспечения необходимой силы для преодоления гравитационного эффекта; следовательно, полученный образец может поддерживать свой собственный вес. Усилие выхода материала выше, чем в других исследованиях [1–5] (порядок 1–4 кПа), но находится в диапазоне предела текучести материала, который используется для контурной обработки, например, разработанный в Университете Южной Калифорнии.

Для достижения такого значения предела текучести использовали полимерный бетон, содержащий цемент, каолин и известковый наполнитель. Содержание сухого связующего составляло 50% цемента, 25% известнякового наполнителя и 25% каолина. Соотношение «вода/цемент» составляло 0,41, и к смеси добавляли полимерный порошок поликарбоксилатного типа SP (отношение массы SP / цемент составляло 0,3%).

В данном бетоне используется цемент М600 с удельной плотностью $3,15 \text{ кг/см}^3$. Удельная площадь поверхности цемента, измеренная с использованием устройства Блейна, составляла $3 \text{ 390 см}^2/\text{г}$ со средним размером частиц 10 мкм. Используемая каолиновая глина является порошкообразным веществом. Удельный вес глины составлял $2,65 \text{ кг/см}^3$, наибольший размер зерен глины составлял около 40 мкм и средний размер зерен около 9 мкм. Известняковый наполнитель имел распределение частиц по размерам от 0,1 до 100 мкм.

Смеси готовили смешиванием компонентов сухого порошка в течение 2 мин при 60 об/мин, а затем воду смешивали с цементом в планетарном смесителе. Фаза смешения состояла из двух этапов: 2 мин при 140 об/мин и 3 мин при 280 об/мин.

Чтобы смоделировать загрузку по структуре слой за слоем, образец, соответствующий первому осажденному слою, был помещен между двумя параллельными пластинами. Затем верхнюю пластину загружали с шагом 1,5 Н. Временной промежуток между каждым приращением нагрузки позволял контролировать среднюю норму строительства. Временной промежуток – в диапазоне от 11 до 60 с., что позволяет моделировать трехмерную печать столбцов со средней скоростью построения от 1,1 до 6 м/ч. Когда

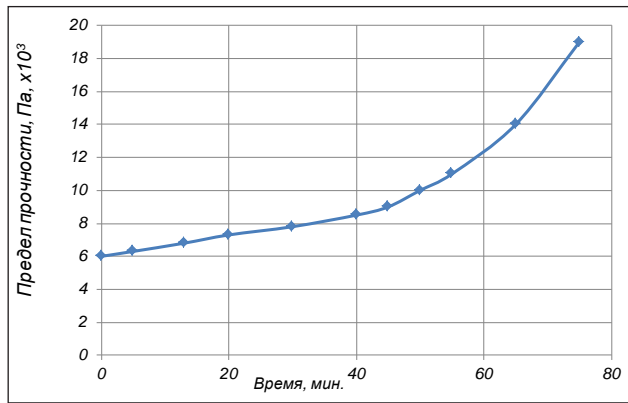


Рис. 1. Изменение предела текучести полимерного бетона со временем

критическое напряжение превышено, можно ожидать, что образец будет пластически деформироваться. Чтобы обнаружить этот пластиковый сбой, смещение верхней пластинки регистрировалось относительно времени с использованием преобразователя смещения; одновременно во время испытания контролируется начало трещин на поверхности образца. Каждый раз зазор проверялся, по меньшей мере, дважды, чтобы проверить повторяемость теста.

После смешивания измерения проводились в течение 90 минут. Таким образом, эволюция предела текучести материала полимерного бетона характеризовалась относительно времени покоя.

Измерение роста прочности проводили примерно каждые 10 мин при постоянной скорости сдвига $0,001 \text{ с}^{-1}$. Все образцы оставались в состоянии покоя с окончания процесса перемешивания.

Предел текучести полимерного бетона измеряли с использованием реометра, оборудованного необходимой геометрией лопастей. Через 1 мин предварительного сдвига на образец наносился новый слой со скоростью сдвига $0,001 \text{ с}^{-1}$ в течение 180 с. При такой низкой скорости сдвига вязкие эффекты незначительны, а предел текучести может быть рассчитан по измеренному значению максимального крутящего момента. Геометрия лопасти состояла из четырех лопастей, расположенных вокруг цилиндрического вала. Для каждого измерения использовали лопасть высотой 8 мм и диаметром 8 мм. В конце измерения предела текучести лопасть удаляли из образца и очищали, чтобы выполнить другое измерение образца, взятого из той же партии, которая была предварительно помещена в другой контейнер после смешивания.

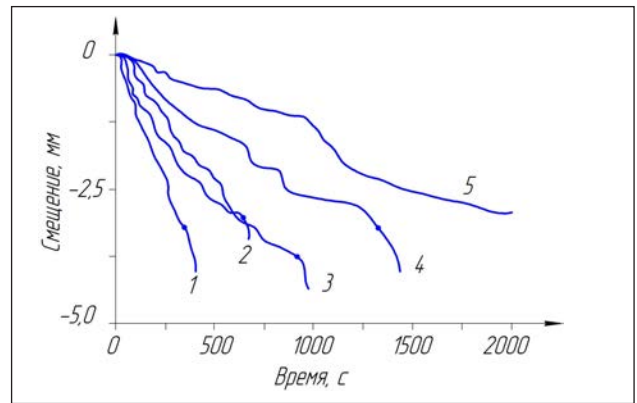


Рис. 2. Смещение верхней пластины для образца полимерного бетона в зависимости от времени на: 1 – 11 с; 2 – 17 с; 3 – 22 с; 4 – 34 с; 5 – 60 с

Для образца полимерного бетона изменение предела текучести со временем в состоянии покоя показано на рис. 1.

Рис. 1 ясно показывает, что изменение предела текучести испытанного полимерного бетона со временем может считаться линейным в течение первых 40 мин. Отсюда следует, что линейную модель Русселя [9] можно использовать для описания эволюции предела текучести для строительного процесса, продолжающегося меньше этого критического времени. Для более длительного процесса модель Перрота лучше описывает увеличение предела текучести [7].

Комбинация контрольного начала разрушения с записью перемещения верхней пластины обеспечивает совместное доказательство пластификации образца. На рис. 2 показано зарегистрированное смещение верхней пластины для временного зазора между каждым слоем на 11, 17, 22 и 34 с. Для каждого промежутка времени сообщается момент, когда появляются трещины на поверхности образца полимерного бетона. Можно допустить, что трещины образца полимерного бетона происходят при возникновении процессов начала разрушения на поверхности и увеличения скорости смещения.

На рис. 2 кружочками указан момент, когда трещины наблюдаются на поверхности образцов полимерного бетона для временного промежутка в пределах от 11 до 60 с.

Выводы. В работе проведен анализ материалов, используемых при 3D-печати в строительстве. При этом установлено, что для повышения технико-экономических показателей строительной отрасли и обеспечения высокого качества 3D-печати необходимо применение бетона с повышенными свойствами. Поэтому был предложен для применения в 3D-печати полимерный

бетон, для которого характерны более высокие свойства и долговечность.

Полученные результаты по применению полимерного бетона подтверждаются путем моделирования нагрузки при добавлении слоев в колонну

диаметром 60 мм. Установлено, что благодаря повышенной тиксотропности и текучести полимерного бетона появляется возможность регулировать сроки его схватывания при 3D-печати с обеспечением высокой прочности.

Список литературы:

1. Ibrahim M.I. M. Estimating the sustainability returns of recycling construction waste from building projects. *Sustainable Cities and Society*. 2016. No. 23. С. 78–93.
2. Di Carlo T., Khoshnevis B., Carlson A. Experimental And Numerical Techniques To Characterize Structural Properties Of Fresh Concrete. ASME 2013 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. American Society of Mechanical Engineer. 2013. С. V009T10A062-V009T10A062.
3. Warszawski A., Navon R. Implementation of robotics in building: Current status and future prospects. *Journal of Construction Engineering and Management*. 1998. No. 124(1). Pp. 31–41.
4. 3D-печать в строительстве / Н.И. Ватин, Л.И. Чумадова, И.С. Гончаров, В.В. Зыкова, А.Н. Карпеня, А.А. Ким, Е.А. Финашенков. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2017. № 1 (52). С. 27–46.
5. Hager I., Golonka A., Putanowicz R. 3D printing of buildings and building components as the future of sustainable construction? *Procedia Engineering*. 2016. No. 151. С. 292–299.
6. Grugel R.N., Toutanji H. Sulfur “concrete” for lunar applications—Sublimation concerns. *Advances in Space Research*. 2008. Т. 41. No. 1. С. 103–112.
7. Perrot A., Rangedard D., Pierre A. Structural built-up of cement-based materials used for 3D-printing extrusion techniques. *Materials and Structures*. 2016. Т. 49. No. 4. С. 1213–1220.
8. Wallevik J.E. Rheological properties of cement paste: thixotropic behavior and structural breakdown. *Cement and Concrete Research*. 2009. Т. 39. No. 1. С. 14–29.
9. Zhang J., Khoshnevis B. Optimal machine operation planning for construction by Contour Crafting. *Automation in Construction*. 2013. No. 29. С. 50–67.
10. Bederina M., Makhloufi Z., Bouziani T. Effect of limestone fillers the physic-mechanical properties of limestone concrete. *Physics Procedia*. 2011. No. 21. С. 28–34.

ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ ДЛЯ 3D-ДРУКУ

У роботі проведено аналіз використовуваних матеріалів для 3D друку в будівництві. Для підвищення продуктивності і забезпечення високої якості 3D друку необхідне застосування бетону з підвищеними властивостями. Запропоновано використовувати полімерний бетон для 3D-друку. Полімерному бетону притаманні вищі фізико-механічні властивості і довговічність. Підвищена тиксотропність і текучість полімерного бетону дають змогу регулювати терміни його схоплювання під час 3D-друку із забезпеченням високої міцності.

Ключові слова: 3D-друк, бетон, властивості, будівництво, матеріали.

IMPROVING THE PROPERTIES OF CONCRETE FOR 3D PRINTING

In work the analysis of used materials is carried out at 3D printing in construction. To increase productivity and ensure high quality 3D printing, it is necessary to use concrete with enhanced properties. It is proposed to use polymer concrete for 3D printing. Polymer concrete is characterized by higher physical and mechanical properties and durability. Increased thixotropy and fluidity of polymer concrete allows adjusting the time of its setting with 3D printing with ensuring high strength.

Key words: 3D printing, concrete, properties, construction, materials.

Найдьорова В.Є.

Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова

ОГЛЯД МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ ДОВАНТАЖУВАЛЬНИХ СИЛ ТЕРТЯ ГРУНТУ, ЩО ДІЮТЬ ПО БІЧНІЙ ПОВЕРХНІ БУРОВИХ ПАЛЬ

У статті наводиться аналіз методик визначення довантажувальних сил тертя ґрунту, що діють по бічній поверхні бурових палей, при призначенні їх несучої здатності.

Ключові слова: просідання ґрунту, бічна поверхня, довантажувальні (негативні) сили тертя, несуча здатність палей, методика.

Постановка проблеми. Під час проектування будинків та споруд на палевих фундаментах сили довантажувального (або негативного) тертя варто враховувати у випадках, коли умовна швидкість деформації ґрунту навколопального масиву може перевищувати швидкість осаду палевого фундаменту, що, як правило, проявляється при наявності в основі структурно-нестійких ґрунтів (насіпних, тощо), а також в інших випадках розвитку подібних деформацій ґрунтової товщі [1; 5; 15].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розвитку довантажувальних сил тертя у палевому фундаменті присвячені праці вітчизняних й зарубіжних дослідників: Б. Бром Бенг, Н. Феленіус, К. Крауфорд, М. Ендо, Л. Б'єррум, І. Йохансен, Ж. Керізел, Б.І. Далматов, Ф.К. Лапшин, Ю.В. Росіхін, А.О. Григорян, Ю.К. Зарецький, В.М. Морозов та інші [4; 5; 15].

Окрім теоретичних, становлять інтерес дослідні випробування й дослідження довантажувальних сил тертя за допомогою польових методів, які є найбільш достовірними. Тут варто визначити використання тензопалей, а також нормативні й запатентовані методи та способи визначення сил тертя по бічній поверхні фундаментів і палей [1]. Однак запропоновані польові випробування з використанням розглянутих методів та способів або є трудомісткими при застосуванні тензопалей, або сили довантажувального тертя визначаються на підставі випробувань палей на дію вдавлюючих і висмикуючих навантажень, при цьому приймається рівність сил опору ґрунту по бічній поверхні палей.

Постановка завдання. Завданням є провести аналіз наявних методик визначення довантажувальних (негативних) сил тертя ґрунту, що діють по бічній поверхні бурових палей.

Виклад основного матеріалу дослідження. У цій статті розглянемо відомі вітчизняні та зару-

біжні методики визначення довантажувальних сил тертя ґрунту, що діють по бічній поверхні, які застосовуються в практиці будівництва під час проектування [2; 3; 7–9].

Методика «ДБН В.2.1-10-2009. Зміна № 1» [2]. Довантажувальна сила тертя ґрунту визначається за формулою (1):

$$P_n = u \sum_0^{h_i} \tau_i \cdot h_i, \quad (1)$$

де u – периметр поперечного перерізу стовбура палей, м;

τ_i – сили довантажувального (негативного) тертя i -го шару ґрунту по бічній поверхні палей, які приймаються рівними розрахунковому опору ґрунту, кПа, а саме за формулою (2):

$$\tau_i = \xi \sigma_{zg,i} \operatorname{tg} \phi_{l,i} + c_{l,i}, \quad (2)$$

h_{sl} – розрахункова глибина, до якої виконується підсумовування сил бічного тертя просідаючих шарів ґрунту, м;

h_i – товщина i -го шару ґрунту, дотичного з бічною поверхнею палей, м;

ξ – коефіцієнт бічного тиску, який приймають рівним 0,7;

$\sigma_{zg,i}$ – вертикальна напружка від власної ваги ґрунту в середині i -го шару ґрунту, кН/м²;

$\phi_{l,i}$ – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;

$c_{l,i}$ – зчеплення ґрунту i -го шару, кПа.

При глибині $6 \text{ м} < h < h_{sl}$ значення τ_i приймається постійним, яке дорівнює значенню τ_i на глибині 6 м.

Методика «Довідника проектувальника» [3]. Довантажувальну силу тертя згідно з «Довідником» пропонується визначати за формулою (3):

$$P_n = \frac{A_s}{H_{sl}} \sum_{i=1}^n (\gamma_{sat,i} h_i - p_{sl,i}) h_i, \quad (3)$$

де A_s – площа взаємодіючого з палею навколопального ґрунту природної структури;

p_{sl} – початковий просідаючий тиск i -го шару потужністю h_i ;

H_{sl} – потужність просідаючої зони;

$\gamma_{sat,i}$ – питома вага при повному водонасиченні, обчислюється відповідно до формули (4):

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_i}{-1 + \omega_i} + \frac{e_i \gamma_w}{1 + e_i}, \quad (4)$$

h_i – товща i -го шару ґрунту, на які розбивається просідаюча товща ґрунту H_{sl} , в межах якої виявляються довантажувальні сили тертя [3–5].

Площа взаємодіючого з палею ґрунту A визначається в залежності від розташування паль. Для одиночної палі визначають за формулою (5):

$$A_s = \frac{\pi(0,4L)^2}{4} - A_{cot}, \quad (5)$$

де A_{cot} – площа ущільненого навколо палі ґрунту, знаходиться за формулою (6):

$$A_{cot} = 0,25\pi(2,5d)^2, \quad (6)$$

де d – діаметр палі.

Глибина товщі просідаючого ґрунту, в межах якої проявляються довантажувальні сили тертя [3]:

$$H'_{sl} = H_{sl} - s_{sl,g} / \varepsilon_{sl}, \quad (7)$$

де $s_{sl,g}$ – гранично допустиме просідання від власної ваги, приймається 3 см [6];

ε_{sl} – порівняне осідання нижнього шару просідаючої зони.

Методика «Керівництва» [7]. Облік довантажувальних сил тертя ґрунту по бічній поверхні паль під час осідання ґрунту під власною вагою товщі, отриманих за результатами обробки даних натурних випробувань паль, визначають за формулою (8):

$$P_n = a \cdot (m \cdot \sum_0^{h_i} \tau_i \cdot h_i), \quad (8)$$

де u – те саме, що й у формулі (1);

a – коефіцієнт, що враховує вплив негативного тертя та приймається рівним $a = 1,4$;

m – коефіцієнт умов роботи, що приймається $m = 1$;

τ_i – розрахунковий опір i -го шару ґрунту, який визначається відповідно до вказівок п. 9.6 [7];

h_{sl} – розрахункова глибина, до якої виконується підсумовування сил бічного тертя просідаючих шарів ґрунту, яка приймається рівній глибині, де величина просідання ґрунту від дії власної ваги дорівнює гранично допустимій осадці для проектування будівлі або споруди, зазначеної у завданні на проектування.

Інші позначення аналогічні формулам (1) – (2).

Методика «СП 24.13330.2011 Пальові фундаменти» [8]. За цією методикою «СП» довантажувальну силу тертя P_n , а також сили негативного тертя i -го шару ґрунту по бічній поверхні палі знаходять за наведеними вище формулами (1) – (2). Помітна особливість цього методу полягає у визначенні коефіцієнта бічного тиску – ξ . Так,

якщо за методикою «ДБН» значення ξ приймається постійним $\xi = 0,7$, то за методикою «СП» визначають відповідно до формули (9):

$$\xi = \left(\frac{n_{max}}{n_i} \right) \left(1 + \frac{H_i}{H_0} \right)^{-0,5}, \quad (9)$$

де ξ – експериментальний параметр, що характеризує бічний тиск на контактні палі з ґрунтом;

n_{max} – найбільше значення пористості просідаючих ґрунтів, прийняте рівним 0,55;

n_i – пористість i -го шару ґрунту, в частках одиниці;

H_i – глибина розташування середини розрахункового i -го шару ґрунту, м;

$H_0 = 1$ м;

Інші позначення такі ж самі, як у формулах (1) – (2).

Методика «Керівництво до Єврокодів – 7» [9]. За методикою «Керівництво для проектувальників до Єврокодів – 7» довантажувальну силу тертя ґрунту P_n пропонується визначати за формулою (10):

$$P_n = q_{DK} \cdot u \cdot h_{sl}, \quad (10)$$

де $q_{DK} = \tau_n^{max}$ – максимальне (граничне) негативне (довантажувальне) поверхнєве тертя, яке пропонується визначати за формулою (11):

$$q_{DK} = \sigma_{zg,i} \cdot tg\phi, \quad (11)$$

а вертикальну напругу від власної ваги ґрунту в середині i -го шару ґрунту, кН/м² за формулою (12):

$$\sigma_{zg,i} = \gamma_i \cdot h_{sl} \cdot \lambda_{0,i}, \quad (12)$$

Інші позначення такі самі, як у формулах (1) – (2).

Методика Харківського національного університету будівництва та архітектури (ХНУБА). У цій методиці ХНУБА д.т.н. О.В. Самородовим на підставі численних досліджень роботи бічної поверхні паль на вдавлюючі, висмикуюючі і моментні навантаження у ґрунтовому масиві [1; 11; 12; 14], пропонується довантажувальну силу тертя ґрунту P_n приймати рівною силі опору по бічній поверхні палі в стані спокою T_0 і визначати цю величину відповідно до запропонованої в роботі [12] залежності:

$$P_n = T_0 = \sum_0^{h_{sl}} f_{0,i} \cdot h_i, \quad (13)$$

де

$$f_{0,i} = \sigma_{zg,i} \cdot k_{zg,i} \cdot \lambda_{0,i} \cdot tg\phi_{l,i} + k_c \cdot c_{l,i}, \quad (14)$$

$f_{0,i}$ – розрахунковий опір i -го шару ґрунту по бічній поверхні ствола палі в стані спокою, кН/м²;

$k_{zg,i}$ – коефіцієнт загасання напруг від власної ваги ґрунту в навколопальовому масиві в стані спокою (рис. 1);

$\lambda_{0,i} = \frac{v_i}{1-v_i}$ – коефіцієнт бічного тиску ґрунту всередині i -го шару;

v_i – коефіцієнт Пуассона ґрунту всередині i -го шару;

k_c – коефіцієнт, що враховує зменшення зчеплення ґрунту в результаті зсуву і призначається в залежності від консистенції пілувато-глинистого ґрунту [16]: $k_c=0,22$ – тверда; $k_c=0,22$ – напівтверда; $k_c=0,29$ – тугопластична; $k_c=0,65$ – м'якопластична.

Інші позначення аналогічні формулам (1) – (2).

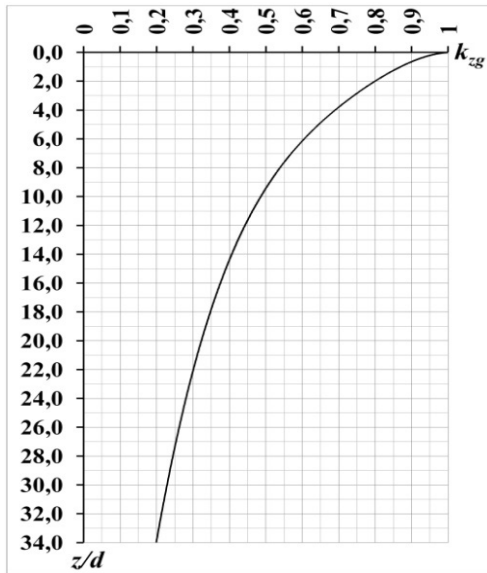


Рис. 1. Залежність коефіцієнта загасання напруг k_{zg} від порівняної глибини z/d

Епюри розподілу довантажувальних сил тертя ґрунту, що діють по бічній поверхні бурових паль згідно з вищенаведеними методиками, схематично наведено на рис. 2.

Для порівняння значень довантажувальних сил тертя ґрунту, визначених за різними методиками (див. рис. 5), як вихідні дані було прийнято інженерно-геологічні умови і геометричні параметри випробуваної палі згідно з наведеним прикладом у «Керівництві» [7; 10].

Розрахункова схема буронабивної палі, що влаштовується сухим способом у просідаючих ґрунтах з опорою на твердий лесовидний суглинок, представлена на рис. 3.

Ґрунтові умови: II тип за просіданням. Розрахункова глибина h_{sl} визначається за графіком залежності сумарної величини просідання s_{sl} від глибини розташування i -го шару просідаючого ґрунту h_{sl} . При цьому величина $h_{sl} = 13,7$ м прийнята для всіх зазначених методик для розрахунків (див. рис. 4).

На рис. 5 наочно представлені результати розрахунку довантажувальних сил тертя ґрунту P_n [10] за різними методиками [2; 7–9] при інших рівних умовах [7], де запропонований вище підхід названий «методикою ХНУБА».

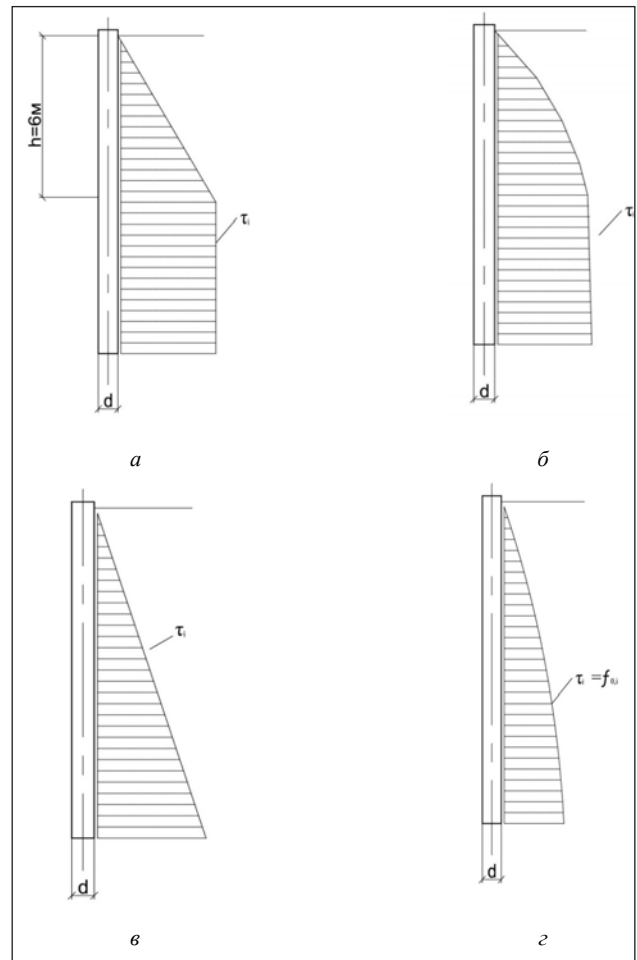


Рис. 2. Епюри розподілу довантажувальних сил тертя ґрунту τ_i : а – згідно з методикою «ДБН» [2]; б – згідно з методикою «СП» [8]; в – згідно з методикою «Єврокод-7» [9]; г – $\tau_i = f_{0,i}$ згідно із запропонованою методикою [14]

На рис. 5 бачимо, що застосування різних методик дає значну відмінність величин довантажувальних сил тертя ґрунту: величина P_n , отримана за запропонованою вдосконаленою методикою, в ≈ 2 рази менше [10], ніж за методикою «Керівництва», розробленою НІИОСП ім. Н.М. Герсеванова (1980 р.) [7] і українського «ДБН» [2], а також в $\approx 1,7$ і $\approx 1,5$ рази менше методик «Єврокоду-7» [9] і російського «СП» [8] відповідно.

Висновки. Розглянуто наявні й запропоновані методики визначення довантажувальних (негативних) сил тертя ґрунту P_n по бічній поверхні бурових паль, що дають підставу зробити висновок щодо різного характеру, прийнятого в розрахунках, епюр розподілу довантажувальних сил тертя τ_i по довжині палі.

На конкретному прикладі під час прорізування палю просідаючого шару ґрунту показано значне розходження величин довантажувальних сил

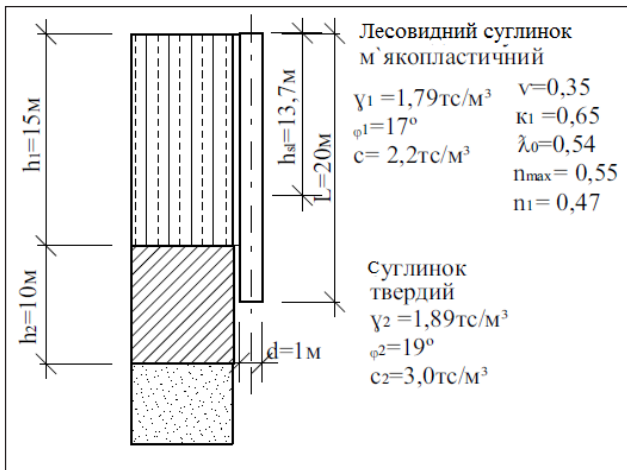


Рис. 3. Розрахункова схема взаємодії буронабивної палі з ґрунтовим масивом

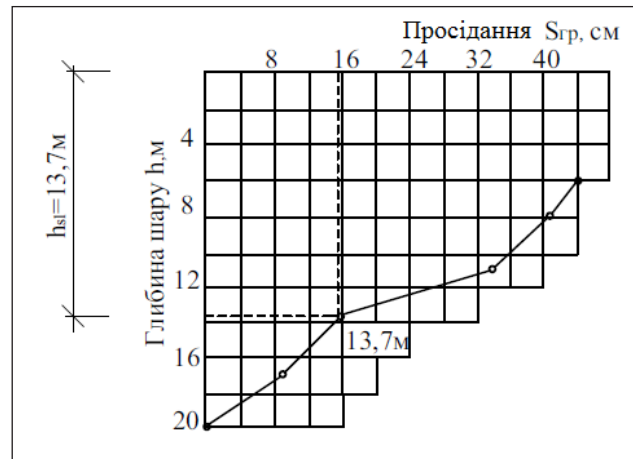


Рис. 4. Графік залежності $S_{st} = f(h)$

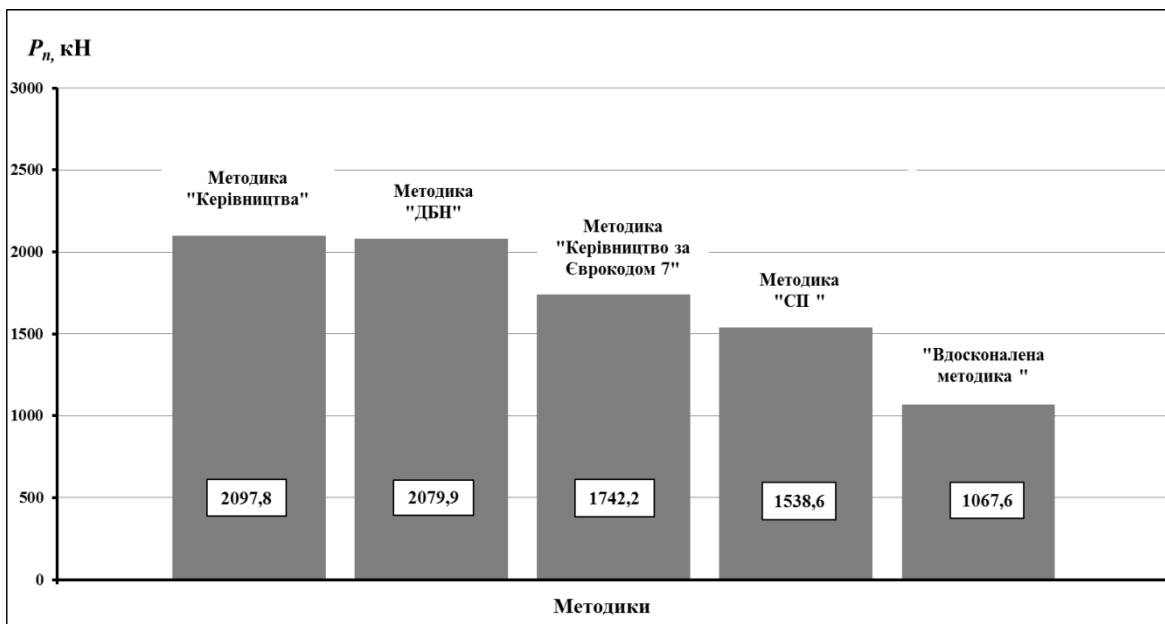


Рис. 5. Значення довантажувальних сил тєтя, що діють по бічній поверхні палі, які визначені за різними методиками

тертя ґрунту P_n при застосуванні різних методик: величина P_n , отримана за вдосконаленою методикою в ≈ 2 рази менше, ніж за методикою «Керівництва», розробленою НИИОСП ім. Н.М. Герсєва-нова, 1980 р. [7] і українського «ДБН» [2], а також в $\approx 1,7$ і $\approx 1,5$ рази менше методик «Єврокода-7» [9] і російського «СП» [8] відповідно.

Отримані чисельні результати дають змогу зробити висновок про те, що мінімальне теоретичне значення величини довантажувальної сили тертя ґрунту P_n на палю дає методика «ХНУБА», що узгоджується з твердженням в одній із піонерних робіт А.О. Григорян [15] у цьому напрямі.

Список літератури:

1. Самородов А.В., Табачников С.В., Найдєнова В.Е., Муляр Д.Л. Усовершенствование методики определения сил отрицательного трения ґрунта по результатам испытания натуральных свай. Основы та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. 2015. Вип. 37. С. 170–178.
2. ДБН В.2.1-10-2009 Зміна №1. Основы та фундаменти споруд. Основні положення проектування, 2011. 55 с. URL: http://interiorfor.com/wp-content/uploads/2016/12/21_10_2009-zmina_11.pdf (дата звернення: 20.08.2018).

3. Горбунов-Посадов М.И. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика / В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др. Под общ. ред. Е.А. Сорочана, Ю.Г. Трофименкова. Москва, 1985. 480 с.
4. Алексеев В.М. Проектирование оснований и фундаментов сельскохозяйственных зданий и сооружений. Учебное пособие: 3-е изд. / П.И. Калугин. Воронежский государственный университет (ВГУ). 2001. 528 с.
5. Антонов В.М. Проектирование зданий в особых условиях строительства и эксплуатации. Учебное пособие / В.В. Леденев, В.И. Скрылев. Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ). 2002. 706 с.
6. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты / Госстрой СССР. Москва ЦИТП Госстроя СССР. 1986. 44 с. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294854/4294854683.pdf> (дата звернення: 20.08.2018).
7. Руководство по проектированию свайных фундаментов / НИИОСП им. Н.М. Герсеева Госстроя СССР. Москва. 1980. 151 с.
8. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. / Министерство регионального развития РФ. 2011. 83 с. URL: <http://russian-realty.net/2014base/object2/sp19.htm> (дата звернення: 20.08.2018).
9. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 7: Геотехническое проектирование. Руководство для проектировщиков к EN 1997-1. Еврокод 7: Геотехническое проектирование – общие правила: пер. с англ. / Р. Франк и др.; ред. серии Х. Гульванесян. МОН РФ, ФГБОУ ВПО «МГСУ». Серия «Издано в МГСУ: Еврокоды». Науч. ред. серии З.Г. Тер-Мартirosян. МГСУ. 2013. 360 с.
10. Найдёнова В.Е. Анализ методик определения сил отрицательного трения, действующих по боковой поверхности свай. Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». Вип. 83: В 2-х кн.: Ч. 2. 2016. С. 359–368.
11. Самородов А.В., Табачников С.В. Способ определения сил сопротивления песчаного грунта по боковой поверхности модельной сваи в состоянии покоя. Науковий вісник будівництва ХНУБА. Вип. 1(79). 2015. С. 91–95.
12. Самородов А.В., Табачников С.В. Новый метод определения сил сопротивления по боковой поверхности свай, учитывающий направление вертикальной нагрузки. Основания, фундаменты и механика грунтов. Москва. ОФМГ. Вып. 6. 2015. С. 12–15.
13. Табачников С.В. Экспериментальные исследования сил сопротивления по боковой поверхности моделей свай. Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) ПолтНТУ. 2015. Вип. 1(43). С. 222–230.
14. Самородов А.В. Проектирование эффективных комбинированных свайных и плитных фундаментов многоэтажных зданий: монография / Харьков. 2017. 204 с.
15. Григорян А.А., Григорян Р.Г. Взаимодействие свай с грунтом при осадке от действия собственного веса толи. Свайные фундаменты: труды НИИОСП. Москва. Вып. 65. 1975. С. 45–55.
16. Сооружения промышленных предприятий: СНиП 2.09.03-85 / Госстрой России. Москва. 2006. 77 с. URL: http://kmdrus.ru/uploads/3.snip_2.09.03-85.pdf (дата звернення: 20.08.2018).

ОБЗОР МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОГРУЖАЮЩИХ СИЛ ТРЕНИЯ ГРУНТА, ДЕЙСТВУЮЩИХ ПО БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ БУРОВЫХ СВАЙ

В статье приводится анализ методик определения догружающих сил трения грунта, действующих по боковой поверхности буровых свай, при назначении их несущей способности.

Ключевые слова: *просадка грунта, боковая поверхность, догружающие (отрицательные) силы трения, несущая способность свай, методика.*

REVIEW OF THE METHOD OF DETERMINING OF NEGATIVE FRICTION FORCES OF SOIL ACTING ON THE LATERAL SURFACE OF THE DRILLING PILE

It the article it is provided an analysis of methods for detection of negative friction forces of soil acting on the lateral surface of the drilling pile, with the appointment of their load-bearing capacity.

Key words: *soil subsidence, side surface, loading friction force, load-bearing capacity of piles, methods.*

УДК 625.72

Саркисян Г.С.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Ряпухин В.Н.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ВЛИЯНИЕ РОВНОСТИ ПОКРЫТИЙ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ПАРАМЕТРЫ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

В данной статье рассматривается влияние ровности покрытий нежестких дорожных одежд на параметры транспортного потока. Рассмотрена схема взаимодействия движущегося пневматического колеса автомобиля и неровности на покрытии автомобильной дороги. Проведен анализ существующих неровностей на покрытиях эксплуатируемых дорожных одежд и определены типовые формы неровностей. Предложен подход к определению величины нагрузки на дорожную одежду при преодолении неровностей различной формы и подход к определению параметров транспортного потока в зависимости от ровности покрытия.

Ключевые слова: ровность, надёжность, исходные данные, продольный профиль покрытия, транспортный поток, пропускная способность, скорость транспортного потока.

Постановка проблемы. Ровность покрытия обуславливает важнейшие потребительские свойства автомобильной дороги: скорость, удобство и безопасность движения. Скорость, в свою очередь, влияет на пропускную способность автомобильной дороги. В процессе эксплуатации на покрытии автомобильной дороги появляются неровности, которые способствуют появлению дополнительных нагрузок на дорожную одежду. В ряде случаев при соблюдении водителем расчетной скорости снижение ровности приводит к появлению ударных взаимодействий колеса с покрытием, что значительно сокращает срок службы дорожной конструкции, а при снижении скорости водителем перед неровностями падает пропускная способность автомобильной дороги. Поэтому исследование взаимодействия движущегося пневматического колеса автомобиля и неровности на покрытии автомобильной дороги является актуальной задачей в настоящее время.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе А.Г. Малофеева [1] было отмечено, что водители в зависимости от величины и шага неровностей выбирают такую скорость движения, при которой динамическое воздействие характеризуется коэффициентом динамичности 1,30–1,35. Но если водитель не предупрежден о наличии неровностей и придерживается расчетной скорости, то на покрытие воздействуют дополнительные нагрузки, характеризующиеся коэффициентом динамичности больше принятого в нормативных документах значения 1,30.

Изучению процесса взаимодействия колеса и неровности дорожного покрытия уделяли внимание многие отечественные и зарубежные исследователи, которые рассматривали процесс с двух точек зрения:

– с точки зрения эффективности эксплуатации автомобилей (Н.Я. Говорущенко, С.Б. Шухман, С.В. Котович, М.А. Малкин) [2–4].

– с точки зрения увеличения нагрузки на дорожную одежду при прохождении неровности транспортным средством (А.К. Бируля, С.В. Смирнов, Д.С. Беляев, А.В. Кочетков, И.М. Рабинович, И.П. Гамеляк) [5–10].

Работы первой группы исследователей не рассматривают увеличение нагрузки непосредственно на покрытие, так как поставлены другие цели и задачи. Преимущественно в них определяется толкающая сила, необходимая для преодоления препятствия в виде неровности, или энергия, потерянная вследствие преодоления неровности.

Проблему определения дополнительной нагрузки на дорожную одежду при преодолении неровности решал А.К. Бируля. В работе «Эксплуатация автомобильных дорог» [5] неровности классифицированы на впадины в форме вогнутой кривой и возвышения в форме ступени (выбоина). В первом случае колесо падает во впадину с некоторой высоты, которая определяется как общая высота неровности. Но гарантии, что колесо упадет точно в центр впадины с полной ее высоты, нет. Колесо может приземлиться в любую точку впадины в зависимости от скорости движения

транспортного средства и ее параметров. Поэтому точку контакта колеса и впадины необходимо определять дополнительно. Неровность же в форме ступени, которая рассматривается в преимущественном большинстве работ исследователей, встречается на покрытии довольно редко. Более распространенной будет неровность в виде наклонной площадки, распределение усилий на которой будет иным.

Изложение основного материала исследования. Нами предлагается иной подход к определению величины нагрузки на дорожную одежду при преодолении неровности. Предлагается разделить процесс прохождения неровности на два этапа:

- контакт с неровностью и подъем на возвышение;
- съезд с неровности и «падение» на покрытие.

Момент подъема предлагается рассматривать как движение по кривой некоторого радиуса. Профиль покрытия при этом описывается с помощью кривой, уравнение которой необходимо найти (рисунок 1). При этом пренебрегаются неровности высотой до 5 мм, так как неровности до 5 мм считаются шероховатостью. Неровности до 5 мм полностью поглощаются демпфирующей способностью шины, существенного влияния на колебания автомобиля не вызывают.

Имея уравнение кривой, описывающей профиль покрытия, можно определить радиус ее кривизны в любой ее точке. Радиус кривизны профиля покрытия рассчитывается по формуле [11]:

$$R = \frac{1}{k(x_0)}, \quad (1)$$

где R – радиус кривизны профиля покрытия, м;
 $k(x_0)$ – кривизна кривой профиля, м⁻¹.

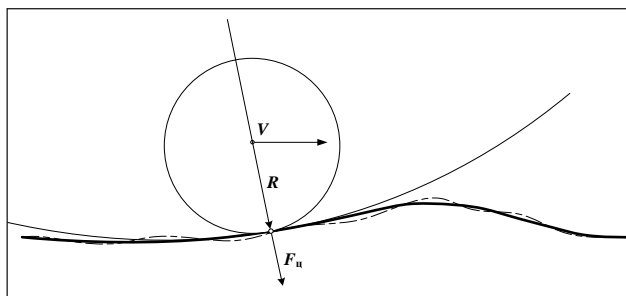


Рис. 1. Схема подъема колеса на неровность в виде возвышения

— — — фактический профиль покрытия; — кривая, описывающая профиль покрытия без учета шероховатости; V – скорость движения колеса; R – радиус кривизны профиля покрытия, F_u – центробежная сила

Кривизна кривой профиля при этом находится из выражения [11]:

$$k(x_0) = -\frac{y''(x_0)}{(1 + (y'(x_0))^2)^{3/2}}, \quad (2)$$

где $y''(x_0)$ – вторая производная уравнения кривой;

$y'(x_0)$ – первая производная уравнения кривой.

Вследствие движения по кривой траектории появляется центробежная сила, которая и будет являться дополнительной нагрузкой на дорожную одежду. Центробежная сила определяется по формуле:

$$F_u = \frac{m \cdot V^2}{1000 \cdot R}, \quad (3)$$

где F_u – центробежная сила, действующая на покрытие при движении транспортного средства по кривой, кН;

m – масса транспортного средства, приходящаяся на колесо, кг;

V – скорость движения транспортного средства, м/с.

Если принять, что водитель подбирает скорость движения такую, которая будет соответствовать коэффициенту динамичности 1,30, то скорость в этом случае будет зависеть от радиуса кривизны неровности и определяться по зависимости (4), выходящей из формулы (3):

$$V = \sqrt{\frac{300 \cdot F_p \cdot R}{m}}, \quad (4)$$

где F_p – расчётная нагрузка на колесо, кН.

На втором участке преодоления неровности (участок «падения») предлагается рассчитывать точку «падения» в зависимости от скорости транспортного средства и уклона поверхности, на которую автомобиль приземляется (рисунок 2). Уравнение траектории, по которой будет двигаться колесо, представим как траекторию тела, брошенного горизонтально с определенной скоростью [12]:

$$y(x) = -\frac{g \cdot x^2}{2 \cdot V^2}, \quad (5)$$

где x – горизонтальная координата, м;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

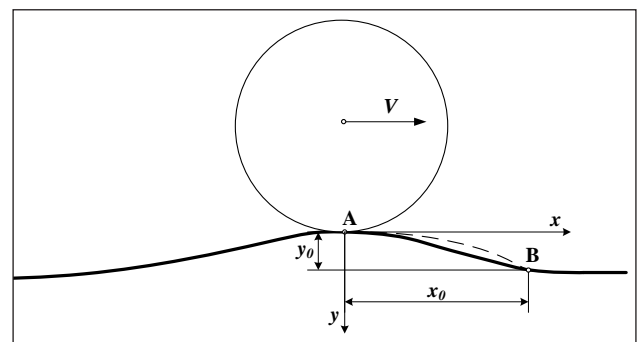


Рис. 2. Схема «падения» колеса после преодоления неровности

— — — траектория «падения» колеса; A – вершина неровности; B – точка «падения»; V – скорость движения колеса; y_0 – высота «падения»; x_0 – дальность «падения»

Таблица 1

Расчетная нагрузка на колесо, F, кН	Масса, приходящаяся на колесо, т, кг	Центробежная сила, Fц, кН	Радиус неровности, R, м	Скорость автомобиля, V, км/ч
II категория дороги, нагрузка A2, общий модуль упругости E = 235 МПа				
115	5750	17,3	30,00	90,00
115	5750	17,3	25,00	75,00
115	5750	17,3	20,00	60,00
115	5750	17,3	15,00	45,00
115	5750	17,3	10,00	30,00
115	5750	17,3	5,00	15,00
III категория дороги, нагрузка A3, общий модуль упругости E = 225 МПа				
100	5000	15,0	30,00	90,00
100	5000	15,0	25,00	75,00
100	5000	15,0	20,00	60,00
100	5000	15,0	15,00	45,00
100	5000	15,0	10,00	30,00
100	5000	15,0	5,00	15,00

Таблица 2

Высота падения, h, мм	Шаг неровностей, S, м	Удельное давление, p, МПа	Коэффициент Пуассона, μ	Общий модуль упругости, E, МПа	Диаметр отпечатка колеса, D, см	Упругий прогиб покрытия, U, м	Скорость автомобиля, V, км/ч
II категория дороги, нагрузка A2, общий модуль упругости E = 235 МПа							
6,1	10	0,8	0,30	235,00	34,5	0,00107	90,00
6,5	10	0,8	0,30	235,00	34,5	0,00107	85,07
7,0	10	0,8	0,30	235,00	34,5	0,00107	78,99
7,5	10	0,8	0,30	235,00	34,5	0,00107	73,72
8,0	10	0,8	0,30	235,00	34,5	0,00107	69,12
8,5	10	0,8	0,30	235,00	34,5	0,00107	65,05
9,0	10	0,8	0,30	235,00	34,5	0,00107	61,44
9,5	10	0,8	0,30	235,00	34,5	0,00107	58,20
10,0	10	0,8	0,30	235,00	34,5	0,00107	55,29
III категория дороги, нагрузка A3, общий модуль упругости E = 225 МПа							
5,6	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	90,00
6,0	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	84,58
6,5	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	78,07
7,0	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	72,50
7,5	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	67,66
8,0	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	63,44
8,5	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	59,70
9,0	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	56,39
9,5	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	53,42
10,0	10	0,6	0,30	225,00	37,1	0,00090	50,75

Зная уравнение кривой профиля, можем решить систему уравнений совместно с уравнением траектории движения колеса (5). Решением системы уравнений будет горизонтальная координата точки приземления колеса, где и будет наибольший динамический удар. Имея горизонтальную координату, подставим ее в любое из уравнений и найдем величину y , которая соответ-

ствует высоте «падения». Эта высота «падения» и будет определяющим параметром при расчете коэффициента динамичности.

Коэффициент динамичности можно определить по формуле С.В. Смирнова [7]:

$$K_d = 1 + \sqrt{\frac{1}{g \cdot U} \left(\frac{2 \cdot h \cdot V}{S} \right)^2}, \quad (6)$$

где K_d – коэффициент динамичности;

U – прогиб шины, м;
 h – высота «падения», м;
 V – скорость движения транспортного средства, м/с;
 S – шаг неровностей, м.

Если принять, что водитель подбирает скорость движения такую, которая будет соответствовать коэффициенту динамичности 1,30, то скорость в этом случае будет определяться по зависимости (7), выходящей из формулы (6):

$$V = \frac{0,15 \cdot S}{h} \sqrt{g \cdot U}. \quad (7)$$

Для апробации зависимостей были рассмотрены две конструкции дорожной одежды:

- с общим модулем упругости 235 МПа на автомобильной дороге II категории с группой нагружения А2;
- с общим модулем упругости 225 МПа на автомобильной дороге III категории с группой нагружения А3.

Параметры нагружения принимались в соответствии с ДБН В.2.3-4:2015 [13]. Используя формулы (4) и (7), были рассчитаны значения скоростей при различных параметрах неровности. Расчетную скорость в соответствии с ДБН В.2.3-4:2015 приняли

равной 90 км/ч. Шаг неровностей приняли равным 10 м. Результаты расчетов приведены в таблицах 1–2.

Выводы. В результате проведенного исследования были выявлены недостатки существующих теорий взаимодействия колеса с покрытием при преодолении неровностей. Предложен другой подход к определению дополнительной нагрузки на дорожную одежду с учетом формы неровности. Предложенный подход позволяет более полно охарактеризовать взаимодействие колеса и покрытия. Принимая во внимание, что водитель зачастую выбирает скорость движения, которая соответствует коэффициенту динамичности 1,3, были рассчитаны соответствующие параметры неровностей. Определили, что расчетная скорость 90 км/ч будет обеспечиваться при радиусе неровности 30 м. При уменьшении радиуса на каждые 5 м скорость автомобиля, соответствующая коэффициенту динамичности 1,3, падает на 15 км/ч.

При анализе зависимости скорости от высоты «падения» получили, что расчетная скорость обеспечивается при высоте «падения» 6,1 мм для первого варианта дорожной конструкции и при 5,6 мм – для второго. А при высоте «падения» 10 мм скорость будет уже менее 60 км/ч.

Список литературы:

1. Малофеев А.Г. Исследование динамического воздействия автомобиля на нежесткие дорожные одежды в процессе эксплуатации дорог: автореф. дис... канд. техн. наук: 12.08.78. Омск, 1978. 22 с.
2. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей: учеб. пособие для вузов. К.: Вища школа, 1971. 232 с.
3. Шухман С.Б., Соловьев В.И., Малкин М.А. Расчетное исследование профильной проходимости полноприводного автомобиля. Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров: материалы междунар. науч.-техн. конф. ААИ, посвященной 145-летию МГТУ «МАМИ». Москва, 2009. С. 343–350.
4. Котович С.В. Движители транспортных средств: учебное пособие. М.: МАДИ (ГТУ), 2008. 161 с.
5. Бируля А.К. Эксплуатация автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1966. 324 с.
6. Бируля А.К., Говорущенко Н.Я., Ермакович Д.В. Эксплуатационные качества автомобильных дорог. М.: Автотрансиздат, 1961. 185 с.
7. Смирнов А.В. Александров А.С. Механика дорожных конструкций: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2009. 212 с.
8. Кочетков А.В., Беляев Д.С., Шашков И.Г. Прямой метод оценки взаимодействия колеса транспортного средства и неровностей дорожного покрытия. Интернет-журнал «Науковедение». 2013. № 4 (17). С. 38–55.
9. Рабинович И.М. Действие пехоты, кавалерии и артиллерии на мосту. Действие нагрузки на мосты под обыкновенную дорогу. Институт инженерных исследований. Выпуск № 1/91. М.: СССР-ТРАНСПЕЧАТЬ-НКПС, 1929. № 23. С. 8–34.
10. Гамеляк І.П. Оцінка руйнування доріг від руху транспортних засобів з врахуванням нерівностей покриття. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. К.: НТУ, 2004. № 70. С. 70–82.
11. Аминов Ю.А. Дифференциальная геометрия и топология кривых. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. 160 с.
12. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. 2-е изд. М.: Мир, 1985. 520 с.
13. ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. К.: Мінрегіонбуд України, 2015. 101 с.

ВПЛИВ РІВНОСТІ ПОКРИТТІВ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ НА ПАРАМЕТРИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

У цій статті розглядається вплив рівності покриттів нежорстких дорожніх одягів на параметри транспортного потоку. Розглянуто схему взаємодії рухомого пневматичного колеса автомобіля і нерівності на покритті автомобільної дороги. Проведено аналіз наявних нерівностей на покриттях експлуатованих дорожніх одягів та визначено типові форми нерівностей. Запропоновано підхід до визначення величини навантаження на дорожній одяг у подоланні нерівностей різної форми і підхід до визначення параметрів транспортного потоку залежно від рівності покриття.

Ключові слова: рівність, надійність, вихідні дані, поздовжній профіль покриття, транспортний потік, пропускна здатність, швидкість транспортного потоку.

INFLUENCE OF NON-RIGID ROAD COATING COVERING SMOOTHNESS ON THE PARAMETERS OF THE TRAFFIC FLOW

This article considers the smoothness influence of non-rigid road coating coverings on the parameters of the traffic flow. The scheme of interaction of a moving pneumatic car wheel and unevenness on a road covering is considered. The analysis of existing unevennesses on the coverings of the used road coatings has been carried out and typical shapes of unevenness have been determined. An approach is proposed for determining the value of the load on pavement when overcoming unevennesses in various shapes and the approach to determining the parameters of the transport flow, depending on the smoothness of the road covering.

Key words: smoothness, reliability, input data, longitudinal covering profile, traffic flow, flow capacity, traffic flow speed.

УДК 662.693.5

Сторожук Н.А.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Павленко Т.М.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Аббасова А.Р.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ

Доказано, что путем управления физико-химическими факторами, тесно связанными с поверхностными явлениями на границе раздела твердой и жидкой фаз золобетонной смеси, предоставляется возможность существенно улучшить качество уплотнения золобетона, увеличить его прочность в два и более раз, повысить его долговечность. Выполненные исследования способствуют увеличению объемов использования золы в строительстве, что решает проблему заполнителей, а также утилизации отходов ТЭС.

Ключевые слова: зола ТЭС, золобетон, вибровакуумирование, прочность, долговечность.

Постановка проблемы. Известно, что зола тепловых электростанций (ТЭС) является самым дешевым легким заполнителем для бетонов, в некоторых случаях она по стоимости дешевле природного песка. Кроме этого, зола ТЭС как заполнитель обладает рядом положительных свойств. Исследования с помощью светового микроскопа показали, что минеральная часть зол ТЭС на 90–92% состоит из стекловидной фазы. Основным компонентом этой фазы является кремнезём, который в значительной степени формирует физические и химические свойства золы [1, с. 7–34; 2; 3]. Он участвует в процессах гидратационного твердения вяжущего, а также в процессах синтеза, образуя различные гидросиликаты. Вместе с тем зола ТЭС обладает недостатками, усложняющими ее использование в строительстве.

Постановка задания. В настоящей работе нами сделана попытка некоторые из этих недостатков устранить. При этом в основу наших исследований принято следующее. Принципиальное отличие золобетона от обычного бетона заключается и в том, что в обычном бетоне цемент подвергается гидролизу и гидратации в условиях окружения его крупным и мелким заполнителями – малоактивной средой с незначительной удельной поверхностью. Цемент в этом случае твердеет в продуктах собственного гидролиза. В противоположность этому в золобетоне гидролиз и гидратация цемента происходят в окружении активной среды – золы, имеющей огромную удельную поверхность, что существенно влияет на ход этих процессов и качество получаемых бетонов.

Изложение основного материала. Проблема использования золы ТЭС. В первую очередь это очень мелкий легкий заполнитель. Средние результаты ситового анализа сбрасываемых в отвалы зол характеризуются следующими данными: частные остатки на сите с сеткой 016 – 3–9%, 008 – 8–16%, 0063 – 20–45%. Дисперсность зол зависит от ступени золоулавливающих устройств от которой отбирается проба. На первых ступенях улавливания отбираются сравнительно крупные фракции, характеризующиеся удельной поверхностью 1500–2000 см²/г, на последних – наиболее мелкие – 5000–6000 см²/г. Средняя дисперсность направляемых в отвалы зол находится в пределах 2600–3800 см²/г. Однако в результате естественного расслаивания материала на различных участках золоотвалов, формируемых гидравлической системой удаления отходов с ТЭС, оседают и накапливаются золы различной дисперсности: от 1800 до 7000 см²/г.

Таблица 1

Водопотребность золы и цементов (нормальная густота)

Вид материала	Удельная поверхность, см ² /г	Водопотребность (нормальная густота), %
Зола	4570	33
Зола	6990	33
Цемент М 400	4500	24
Цемент М 500	5500	28

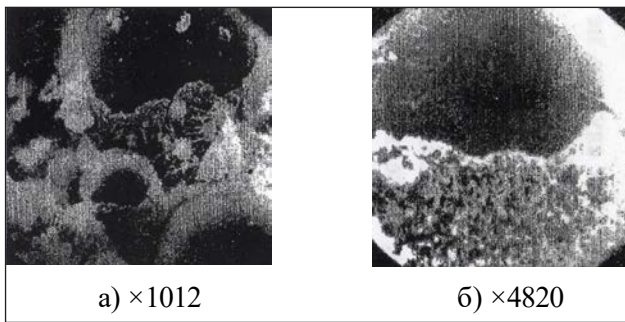


Рис. 1. Вид частиц золы в золобетоне (РЭМ)
(возраст бетона 3 суток)

Исследованиями установлено, что водопотребность золы на 25–30% больше водопотребности широко применяемых цементов (табл. 1). Что характерно, с увеличением удельной поверхности золы её водопотребность не увеличивается. Это еще раз подтверждает очень высокую пористость золы (рис. 1).

Чрезвычайно малый размер пор предопределяет огромную удельную поверхность золы, существенно влияющую на свойства золобетонных смесей и золобетонов. Проф. И.А. Иванов при выполнении исследований показал, что действительная удельная поверхность золы находится в пределах до $15 \text{ м}^2/\text{г}$. Приведенные данные в несколько раз превышают удельную поверхность цемента [4, с. 35].

Опыт использования золы ТЭС в строительстве выявил ряд существенных недостатков, сдерживающих применение золы в технологии бетонов.

Практикой доказано, что для строителей лучше зола сухого отбора, но, как правило, на большинстве тепловых электростанций отсутствует оборудование для хранения и выдачи такой золы, поэтому полученная зола транспортируется в отвалы гидравлическим способом. Кроме того, эта зола имеет различный зерновой состав в разных местах отвала, а также постоянно меняющуюся влажность в течение года, в ней со временем образуются агрегаты. Известно, что в любой золе, даже сверхкислой, имеется некоторое количество извести, которая за счет карбонизации со временем твердеет. В результате этого постоянно образуются известково-зольные микро- и макроконгломераты. Все это усложняет подачу такой золы в накопительные бункера БСУ, ее хранение в бункерах и выдачу через дозатор в смеситель. Непостоянный зерновой состав, наличие твердеющей извести, постоянно меняющаяся влажность существенно усложняют технологию получения

изделий из золобетонов с высокими физико-механическими свойствами.

Большое перенасыщение свежесуспензии золобетона водой обуславливает его более высокую пористость, низкие прочность и морозостойкость. Высокая водопотребность золобетонных смесей особенно влияет на его усадку, вызывающую значительные напряжения при твердении и высыхании бетона. Кроме того, повышенные расходы золы в бетонах часто приводят к весьма нежелательным явлениям: появлению усадочных трещин, снижению долговечности и т.п.

В настоящее время золобетонные изделия формируют виброуплотнением, прессованием, вибропрессованием и вибротрамбованием. Особенность формирования изделий (стеновых камней и блоков) заключается в том, что они сразу после уплотнения золобетонной смеси освобождаются от боковой опалубки. Самая незначительная передозировка воды затворения вызывает деформацию изделий после их формирования и распалубки, образуются оплывы, в некоторых случаях происходит разрушение свежесформованных изделий.

Использование жестких золобетонных смесей также не гарантирует надежную немедленную распалубку из-за большой упругости таких смесей. В этом случае низкая надёжность получения чётких граней и углов, очень часто возникают осыпания, трещины, каверны и расслоения.

Теоретические предпосылки. Как отмечалось ранее, основной причиной перечисленных недостатков является очень высокая развитая поверхность золы. Это приводит к существенной роли электрокинетических явлений в золобетонных смесях при формировании изделий. Исходя из этого, предлагается путем использования электролитов управлять электрокинетическими процессами, происходящими на поверхности частиц твердой фазы, регулировать толщину диффузионного слоя с целью максимально возможного его сжатия, что будет способствовать переходу существенного количества жидкой фазы из диффузионного слоя в дисперсионную среду и, соответственно, сближению частиц твердой фазы. После этого предложено уплотнять такие смеси вибровакуумированием.

Рассматривая электрокинетические явления в уплотняемой золобетонной смеси, воспользуемся основными допущениями и упрощениями, принятыми при изложении научных результатов в коллоидной химии [5, с. 178–209; 6, с. 169–197; 7, с. 13–22]. С учётом этого для упрощения будем рассматривать в основном плоский двойной

электрический слой, хотя в суспензиях высокой дисперсности такой слой практически не встречается. Подобное упрощение допустимо, так как толщина двойного слоя мала по сравнению с радиусом кривизны поверхности частиц твердой фазы или ее капилляров.

Кроме того, при рассмотрении двойного электрического слоя примем ряд следующих общих положений, из которых исходили все авторы теорий его строения. Двойной электрический слой состоит из ионов одного знака, относительно прочно связанных с поверхностью дисперсной твердой фазы (потенциалопределяющие ионы), и эквивалентного количества противоположно заряженных ионов, находящихся в жидкой дисперсионной среде вблизи межфазной поверхности (противоионы). Заряд на поверхности твердой фазы в первом приближении рассматривается как поверхностный заряд, равномерно распределенный по всей поверхности частиц. Между противоионами и свободными (не входящими в двойной электрический слой) ионами того же знака, находящимися в жидкости (дисперсионной среде), существует динамическое равновесие. Дисперсионная среда рассматривается как непрерывная фаза, влияние которой на двойной электрический слой определяется лишь ее диэлектрической проницаемостью. Обобщающими характеристиками двойного электрического слоя являются общий скачок потенциала (ϕ_0) и электрокинетический потенциал (ζ -потенциал).

Рассмотрим, как влияет на оба эти потенциала введение в нашу суспензию индифферентного, а затем неиндифферентного электролита. При введении индифферентного электролита общий скачок потенциала почти не изменяется. Совсем другие закономерности изменения электрокинетического потенциала – ζ -потенциала. С повышением концентрации вводимого электролита вследствие того, что для компенсации потенциалопределяющих ионов требуется всегда одно и то же (эквивалентное) число зарядов противоположного знака, толщина диффузного слоя уменьшается. Как принято говорить, двойной электрический слой сжимается и ζ -потенциал, отвечающий плоскости скольжения жидкости при электрофорезе или электроосмосе, уменьшается. Наглядно изменение ζ -потенциала при введении в рассматриваемую суспензию постепенно увеличивающегося количества индифферентного электролита (x) нами показано на рис. 2.

При достаточно больших концентрациях электролита диффузный слой может сжаться до

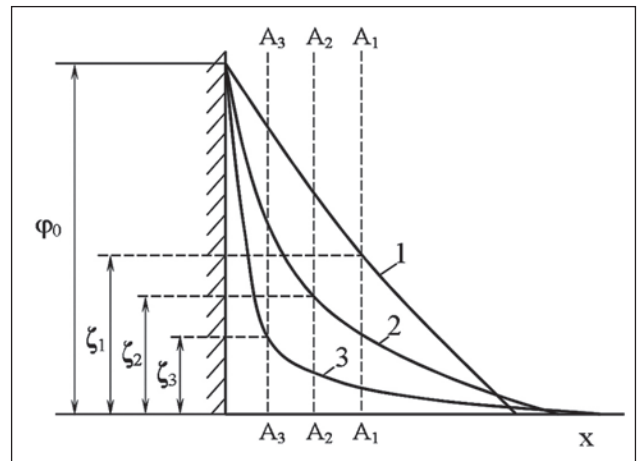


Рис. 2. Влияние индифферентного электролита на толщину двойного электрического слоя и электрокинетический потенциал (количество электролита увеличивается от кривой 1 к кривой 3): A_1A_1 , A_2A_2 , A_3A_3 – изменение границы (плоскости) скольжения

моноионного слоя и двойной электрический слой таким образом превратится в слой Гельмгольца-Перрена. Понятно, что, поскольку этот слой будет находиться ближе к поверхности твердой частицы, чем плоскость скольжения, ζ -потенциал будет равен нулю.

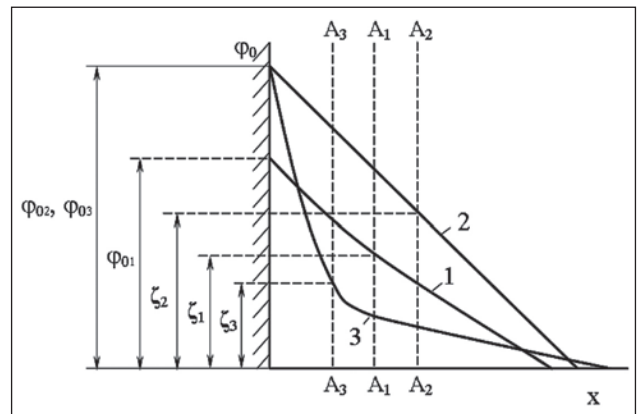


Рис. 3. Влияние неиндифферентного электролита на ϕ_0 и ζ -потенциалы:

1 – кривая падения потенциала в двойном электрическом слое до введения электролита; 2 – то же, после введения неиндифферентного электролита; 3 – то же, при дальнейшем увеличении расхода электролита: A_1A_1 , A_2A_2 , A_3A_3 – изменение границы (плоскости) скольжения

Влияние неиндифферентного электролита, один из ионов которого способен дотраивать кристаллическую решетку дисперсной фазы, заключается в том, что потенциалопределяющий ион этого электролита может повышать потенциал ϕ_0 , а находящийся с ним в паре ион, одноименный с зарядом противоиона, способен сжимать двойной

электрический слой. При малых концентрациях неиндифферентного электролита проявляется в основном первая тенденция, связанная с поверхностным действием иона, способного достраивать кристаллическую решетку. При больших концентрациях, когда достройка кристаллической решетки завершена, превалирует вторая тенденция. Поэтому при введении в золобетонную смесь постепенно увеличивающегося количества неиндифферентного электролита ζ -потенциал сначала возрастает, а потом падает, проходя через максимум (рис. 3).

Таким образом, за счет добавки индифферентного электролита в дисперсную среду (золобетонную смесь) происходит сжатие диффузионного слоя на частицах твердой фазы и в результате этого вода затворения из диффузионного слоя выделяется в дисперсионную среду и поэтому подвижность (пластичность) золобетонной смеси должна увеличиваться.

В случае использования неиндифферентного электролита вначале происходит достройка кристаллической решетки дисперсной среды (твердой фазы) и, соответственно, увеличивается толщина диффузионного слоя, подвижность (консистенция) золобетонной смеси уменьшается. При дальнейшем увеличении расхода этого электролита толщина диффузионного слоя начнет уменьшаться и, соответственно, вода затворения выделяется в дисперсионную среду и подвижность золобетонной смеси должна увеличиваться.

Экспериментальные исследования. При выполнении исследований применяли золобетонную смесь состава 1:3 (цемент:зола). В опытах использовали портландцемент М400 (г. Кривой Рог) и золу Приднепровской ТЭС.

В качестве электролитов применяли распространенные в строительстве добавки – хлористый кальций (CaCl_2) и хлористый натрий (NaCl). Подвижность (консистенцию) золобетонной смеси определяли по ДСТУ Б В.2.7-187:2009.

В исследованиях добавку электролита вводили в золобетонную смесь в количестве 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 и 3,0% от расхода цемента. Подвижность (консистенция) исходной золобетонной смеси составила $\text{PK} = 126$ мм. Результаты исследований приведены на рис. 4.

При введении в золобетонную смесь электролита NaCl сначала подвижность смеси уменьшается, что свидетельствует о достройке кристаллической решетки на частицах твердой фазы (дисперсной среды) и, соответственно, увеличении толщины диффузионного слоя, что приводит к

уменьшению количества дисперсионной среды и к уменьшению подвижности (консистенции) золобетонной смеси. Такие закономерности наблюдаются при добавке NaCl до 1,0–1,5% от расхода цемента. Затем, как и следовало ожидать, при дальнейшем увеличении расхода электролита наблюдается увеличение подвижности (консистенции) золобетонной смеси (до $\text{PK} = 136$ мм) за счет сжатия диффузионного слоя.

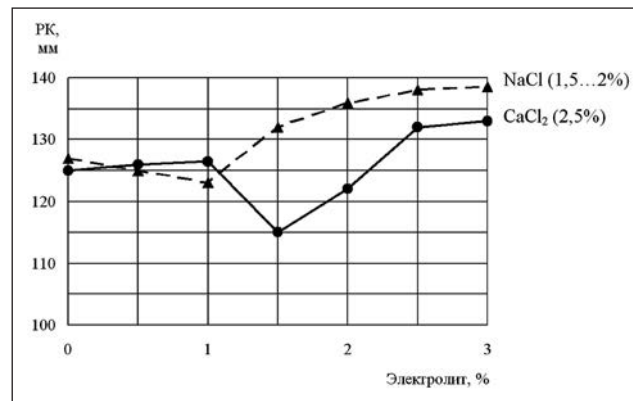


Рис. 4. Изменение подвижности (консистенции) золобетонной смеси в зависимости от расхода электролита и его вида

Аналогичные закономерности получены при использовании CaCl_2 , но увеличение подвижности золобетонной смеси наблюдается при добавке этого электролита в количестве 2–2,5%.

Таким образом, исходя из полученных результатов исследований, электролиты хлористый натрий и хлористый кальций по отношению к исследуемой золобетонной смеси являются неиндифферентными.

Полученные результаты исследований положены в разработку высокоэффективной технологии изделий из золобетонов. С учетом имеющихся разработок [2; 3] предложенная нами технология получения золобетонов с высокими физико-механическими свойствами заключается в следующем. Сначала с целью разрушения в золе агрегатов и конгломератов в роторном смесителе путем тщательного перемешивания готовили зольный шлам с водозольным отношением около 0,5, используя обычную воду или раствор электролита. Затем приготовленный шлам через дозатор поступает в бетоносмеситель, в который после этого дозируют цемент и приготавливают золобетонную смесь. При формовании изделий методом вибровакуумирования излишняя вода затворения из уплотняемой бетонной смеси удаляется, в результате этого получают хорошо уплотненный бетон. Использовали золобетонную смесь состава

Характеристики золобетонных смесей и золобетонов

Вид электролита	Рациональная продолжительность вакуумирования мин.	Количество извлеченной воды, л/м ³	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
Без электролита	12	96	1642	13,2
CaCl ₂	6–8	110	1648	15,8
NaCl	6–8	108	1643	15,6

Таблица 3

Состав, плотность и прочность виброуплотненных и вибровакуумированных золобетонов

Вид бетонов	Плотность бетонов, кг/м ³	В/Ц бетонов	Состав бетонов (кг/м ³)			Прочность при сжатии, МПа
			Цемент	Зола	Вода	
Виброуплотненный исходного состава	1641	1,93	237	948	457	6,7
Виброуплотненный из жесткой смеси	1640	1,48	253	1012	374	9,4
Вибровакуумированный	1652	1,48	254	1016	377	13,6
Вибровакуумированный с добавкой электролита	1660	1,35	261	1044	352	16,1

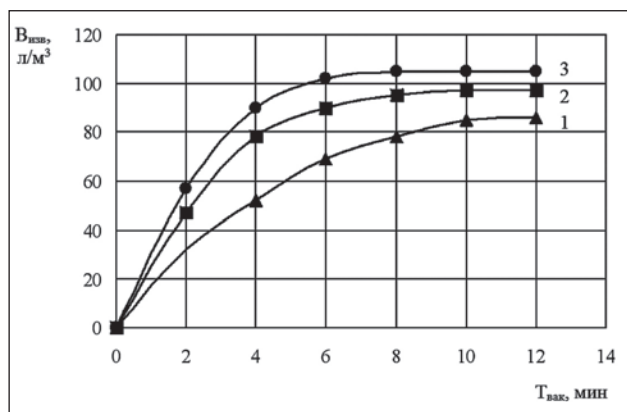


Рис. 5. Количество извлеченной воды при вакуумировании золобетонной смеси в зависимости от продолжительности вибровакуумирования:

1 – без добавки электролита; 2 – с добавкой электролита NaCl; 3 – то же, CaCl₂

1:4, подвижность смеси без добавки электролита характеризовалась осадкой стандартного конуса ОК = 10 см. При добавке электролитов (NaCl, CaCl₂) в оптимальном количестве подвижность этой смеси увеличилась до ОК = 12 см.

Из каждого вида золобетонной смеси формовали образцы размером 15x15x7 см для определения плотности и прочности в возрасте 28 суток. После предварительного виброуплотнения продолжительностью 15–20 с образцы подвергали вакуумированию при разрежении 0,7–0,8 (полный вакуум принят за единицу). В процессе вакуумирования применяли периодическое вибрирование

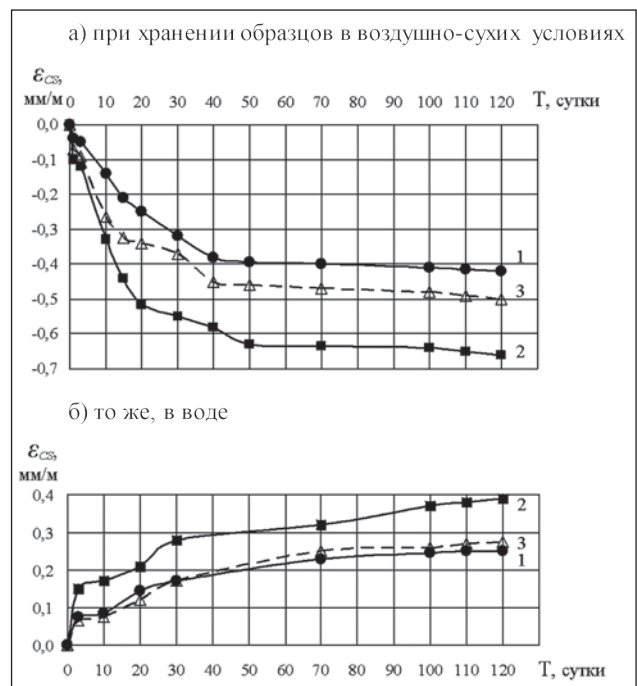


Рис. 6. Усадка и набухание золобетонов в зависимости от продолжительности и условий твердения:

1 – вибровакуумированный золобетон; 2 – то же, виброуплотненный из подвижной смеси; 3 – то же, виброуплотненный из жесткой смеси

(два приёма по 10–12 с). Общая продолжительность вибровакуумирования составляла 12 мин., при этом было удалено 88–110 л воды в пересчете на 1 м³ вакуумбетона. Все отформованные образцы твердели в нормальных условиях. В табл. 2 и на рис. 5 приведены результаты исследований по продолжительности вибровакуумирования

и количеству извлеченной воды при вакуумной обработке золобетонных смесей. Даны сведения по плотности и прочности бетонов.

Добавка электролитов NaCl , CaCl_2 в оптимальном количестве в золобетонную смесь повышает ее подвижность, позволяет сократить продолжительность вибровакуумирования, увеличивает количество извлеченной воды, при этом при вакуумной обработке прочность золобетонов с добавкой электролита повышается на 18–20% в сравнении с бетонами без такой добавки.

В дополнение к изложенному в табл. 3 приведены обобщенные результаты наших исследований по прочности и плотности различных видов золобетонов. В выполненных исследованиях использовали ту же золобетонную смесь, что и в предыдущих опытах, формовали те же образцы с использованием тех же режимов вибровакуумирования. Для сравнения из бетонной смеси того же состава, что и вакуумзолобетон готовили жесткую смесь, которую уплотняли вибрационным способом с пригрузом 0,006 МПа. Одновременно были отформованы вибрационным способом образцы из исходной (подвижной) смеси. Все образцы твердели в нормальных условиях 28 суток.

Приведенные данные убедительно свидетельствуют о преимуществах вибровакуумированных золобетонов по сравнению с виброуплотненными. Прочность вакуумзолобетона повысилась в 1,6–2 раза.

Большой научный и практический интерес представляют сравнительные исследования усадки и набухания рассматриваемых вибровакуумированных и виброуплотненных золобетонов. Нами они выполнены в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.7-216:2009. Известно, что усадка бетона – одна из основных причин появления в нем собственных напряжений, приводящих в ряде случаев к образованию трещин, к снижению стойкости, водонепроницаемости и долговечности сооружения [8, с. 52–64, с. 114].

Измерение усадки и набухания различных видов золобетонов проведено на образцах размером $300 \times 100 \times 60$ мм на протяжении 120 суток. Длину образцов измеряли при помощи оптического компаратора ИЗА-2. Для этого после уплотнения золобетонной смеси на поверхность отформованных образцов прикрепляли латунные пластинки с нанесенными на них рисками, по которым и проводили отсчеты. Все образцы освобождали из форм через сутки после формования. Часть образцов хранили в воздушно-сухих условиях (относительная влажность 50–60%), другую

часть через сутки после формования помещали в воду. Измерение размеров всех образцов начато через сутки после формования.

Результаты опытов приведены на рис. 6. Как и следовало ожидать, наибольшие показатели усадки (0,654 мм/м) у золобетонов из подвижной золобетонной смеси. Усадка бетона из виброуплотненной жесткой смеси является значительно меньшей. Вакуумзолобетон характеризуется наименьшей усадкой из всех рассматриваемых видов бетонов. Величина набухания вакуумзолобетона в воде за 120 суток находится в пределах 0,248 мм/м, что значительно меньше набухания виброуплотненного бетона из жесткой смеси, и в 1,5 раза меньше, чем для бетона из подвижной золобетонной смеси.

Высокие показатели по усадке и набуханию вакуумзолобетона являются косвенной характеристикой его долговечности, предоставляют возможность изготавливать конструкции из золобетонов значительных размеров, что до настоящего времени было большой проблемой.

Этот вывод подтвержден нашими другими результатами исследований, которые приведены в работе [9]. Если бетоны состава 1:4 (расход цемента 280 кг/м^3) из подвижной смеси характеризуются невысокой морозостойкостью (F25), а из виброуплотненной жесткой смеси имеют морозостойкость F35, то у вибровакуумированных золобетонов морозостойкость F75, т.е. в 2 раза больше, чем у виброуплотненных бетонов из жесткой смеси.

Такое повышение морозостойкости вакуумированных золобетонов объясняется не только высокой степенью уплотнения золобетонных смесей вибровакуумированием, но и большей степенью гидратации вяжущего в вакуумированных бетонах в сравнении с виброуплотненными [10, с. 174–185; 11].

Выводы. Доказано, что путем управления физико-химическими факторами, тесно связанными с поверхностными явлениями на границе раздела твердой и жидкой фаз золобетонной смеси, предоставляется возможность существенно сократить продолжительность вибровакуумирования, увеличить количество извлеченной воды, повысить качество уплотнения золобетона, увеличить его прочность в два и более раза, значительно снизить усадку и набухание, что свидетельствует о повышении долговечности таких бетонов. Выполненные исследования предоставляют возможность значительно увеличить объемы использования золы в строительстве, что решает проблему заполнителей, способствует утилизации отходов ТЭС и, соответственно, охране окружающей среды.

Список литературы:

1. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1984. 253 с.
2. Кокубу М. Зола и зольные цементы (основной доклад). Пятый международный конгресс по химии цемента (7–11 октября 1968 г., Токио) / сокр. пер. с англ. и ред. О.П. Мчедлова-Петросяна, Ю.М. Бутта, В.И. Сатарина и А.И. Бойковой. М.: Стройиздат, 1973. С. 405–416.
3. Кокубу М., Ямада Д. Цементы с добавкой золы-уноса (основной доклад). Шестой международный конгресс по химии цемента. Труды. в 3 т.; под общ. ред. А.С. Болдырева. Т.3. Цементы и их свойства. М.: Стройиздат, 1976. С. 83–94.
4. Иванов И.А. Особенности зол электростанций, влияющие на их использование в качестве заполнителя для бетонов разного назначения. Использование новых легких материалов и отходов производства в строительстве. М.: Стройиздат, 1972. С. 50–56.
5. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. 368 с.
6. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии: учеб. пособие для вузов. М.: Химия, 1976. 512 с.
7. Зонтаг Г., Штрэнге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. Л.: Химия, 1973. 152 с.
8. Мощанский Н.А. Плотность и стойкость бетонов. М.: Госстройиздат, 1951. 176 с.
9. Савицкий Н.В., Павленко Т.М., Аббасова А.Р. Рациональное использование золошлаковых смесей, зол и шлаков ТЭС в технологии бетонов. Бетон и железобетон. М., 2014. № 3. С. 28–31.
10. Сторожук Н.А. Вибровакуумирование бетонных смесей и свойства вакуумбетона. Д.: Пороги, 2008. 251 с.
11. Савицкий Н.В., Павленко Т.М., Аббасова А.Р. Свойства вибровакуумированных золобетонов. Известия высших учебных заведений. Строительство. №6. Новосибирск, НГАСУ, 2014. С. 31–35.

**ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ
ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНІВ**

Доведено, що шляхом управління фізико-хімічними факторами, тісно пов'язаними з поверхневими явищами на кордоні розділу твердої і рідкої фаз золобетонної суміші, надається можливість істотно поліпшити якість ущільнення золобетону, збільшити його міцність у два і більше разів, підвищити його довговічність. Виконані дослідження сприяють збільшенню обсягів використання золи в будівництві, що вирішує проблему заповнювачів, а також утилізації відходів ТЕС.

Ключові слова: зола ТЕС, золобетон, вибровакумування, міцність, довговічність.

**EFFECTIVE WAY OF USING ASH FROM THERMAL
POWER PLANTS IN CONCRETE TECHNOLOGY**

It is proved that by controlling the physico-chemical factors, which are closely related to surface phenomena at the interface of solid and liquid phases of ash concrete mix, the opportunity to significantly improve quality of compaction of ash concrete, to increase its strength in two or more times, to raise its durability. This research contributes to the increased use of ash in construction that solves the problem of aggregates as well as thermal power plants waste recycling.

Key words: thermal power plant ash, ash concrete, vibrovacuumizing, strength, durability.

ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.32:504.76

Казаченко Л.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПРОЦЕСІВ ЗСУВУ ҐРУНТУ

Зсуви в населених пунктах призводять до руйнації житлових будинків, будівель і споруд, автомобільних доріг та інших об'єктів. У разі тривалого видобування корисних копалин, як відомо, відбуваються негативні геологічні процеси, що в кінцевому підсумку призводить до руйнації поверхневого шару ґрунту. Для прогнозування розвитку негативних процесів і запобігання йому необхідна сучасна інформація, якою є ДЗЗ і ГІС-технології.

Ключові слова: розвиток зсувних процесів ґрунту, геоінформаційні системи у проведенні досліджень, програмування розвитку, антропогенне навантаження на довкілля, космічні знімки, дистанційне зондування Землі.

Постановка проблеми. Як відомо, зсувні процеси ґрунту завдають великої шкоди житловій і громадській забудові, автомобільним шляхам, об'єктам промисловості, об'єктам комерційного призначення тощо. Розвиток цих процесів зумовлює необхідність приймати негайні управлінські рішення щодо запобігання їм і по можливості усунення їх. Сучасне застосування дистанційного зондування Землі, обробка й отримання необхідної інформації із застосуванням геоінформаційних систем дають змогу спрогнозувати негативні явища та запобігти процесам антропогенного впливу на довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наукових виданнях є багато думок учених про причини та наслідки процесу зсувів ґрунту, але запобігання їм натепер є проблемою. У наш час новітні технології, такі як ГІС, ДЗЗ, використовують у багатьох галузях.

Постановка завдання. Використання геоінформаційного простору в питаннях виявлення розповсюдження процесів деградації ґрунтового покриву – процесів зсуву ґрунту – та запобігання їм є дуже важливим. Від запобігання руйнівній дії зсуву залежить стан будинків, будівель і споруд, стан інженерно-транспортної інфраструктури.

Застосування інформації завдяки дистанційному зондуванню Землі та сучасних геоінформаційних систем у разі виявлення зсувних процесів дає змогу прогнозування ступеня розвитку руйнівних процесів, а наземне знімання території дає можливість визначення площ і конкретної глибини руйнації.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Зсувні процеси є болючою проблемою людства. Припинення розвитку зсувних процесів є важливим, а запобігання цим явищам і прогнозування їх виникнення є вкрай необхідними. Харківська область нараховує 1104 зсуви, з них активних 418 (таблиця 1).

У Харківській області досить поширені території з проявами негативних геодинамічних процесів, до яких належать зсуви. Об'єктом дослідження були землі житлової забудови с. Мілова Балаклійського району Харківської області з наявними зсувними процесами по житлових вулицях. Деградація ґрунтового покриву досягла таких великих розмірів у зоні житлової забудови, що призвела до руйнації житлових будинків двох вулиць – Підлісної й Високої: 56 осель повністю зруйновані й не підлягають відновленню.

Мета дослідження – за даними багаторічних спостережень – геодезичного детального вертикального знімання – отримати координати меж дії зсуву по вулицях населеного пункту і зробити прогноз ступеня подальшого розвитку негативного явища. Для дослідження обрано дві вулиці – Підлісна й Висока, де тривають зсувні процеси. Для досягнення означеної мети ми застосували дані дистанційного зондування Землі з космічного простору, за даними космічного знімка мали приблизне місце розташування процесів зсуву.

На космічному знімку – крейдяні гори та кар'єр з видобутку крейди поряд із житловою і громадською забудовою с. Мілова, зсуви йдуть промене-

Характеристика зсувів Харківської області

Райони Харківської області	Енергія рельєфу (м)	Кількість зсувів	
		усього району	у тому числі активних
Балаклійський	137,5	111	37
Барвінківський	175	51	16
Близнюківський	116	7	0
Богодухівський	84	10	5
Борівський	130,5	19	7
Валківський	88	58	29
Великобурлуцький	129,6	68	28
Вовчанський	121	106	55
Дворічанський	126,5	29	14
Дергачівський	120,8	10	5
Зачепилівський	85	29	11
Зміївський	146	35	5
Золочівський	121,5	10	2
Ізюмський	176	121	42
Кегичівський	88	7	2
Коломацький	87	0	0
Красноградський	98	26	7
Краснокутський	102	20	9
Куп'янський	125	119	45
Лозівський	113,9	27	14
Нововодолазький	120	93	39
Первомайський	125	61	13
Печенізький	110	12	5
Сахновщанський	94,4	14	5
Харківський	135,8	18	5
Чугуївський	126	28	11
Шевченківський	107	15	7
Усього по області		1104	418

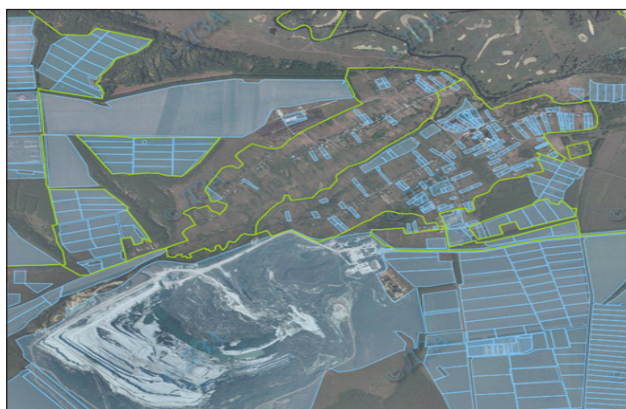


Рис. 1. Космічний знімок території дослідження Міловської сільської ради



Рис. 2. Фото зсуву від кар'єру з видобутку крейди

подібною сіткою з кар'єру по вулицях села, руйнуючи земну поверхню (рис. 2).

Для наявної інформації про дію зсувних процесів ми зробили детальні топографо-геодезичні вишукування, тобто вертикальне й горизонтальне

геодезичне знімання території зсуву по вулицях Підлісна й Висока с. Мілова.

За даними геодезичного знімання території ми отримали координати точок дії зсуву і зробили ґрунтові проби глибиною 35–40 см. Проби роби-

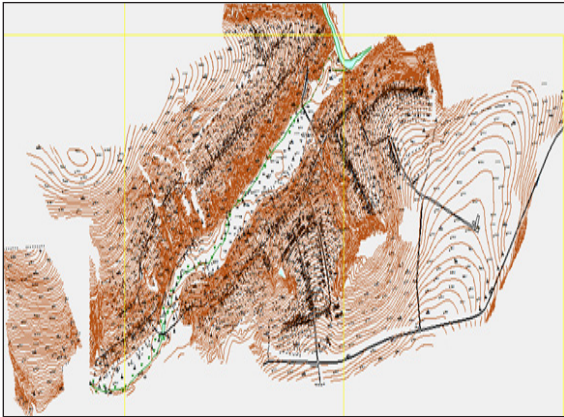


Рис. 3. Топографо-геодезичні вишукування в зоні впливу зсуву в с. Мілова



Рис. 4. Фото ґрунтового розрізу зсуву



Рис. 5. Фото гідротехнічної споруди – лотка, який не виконав свою функцію, по обидві боки утворилися 2 глибокі яри

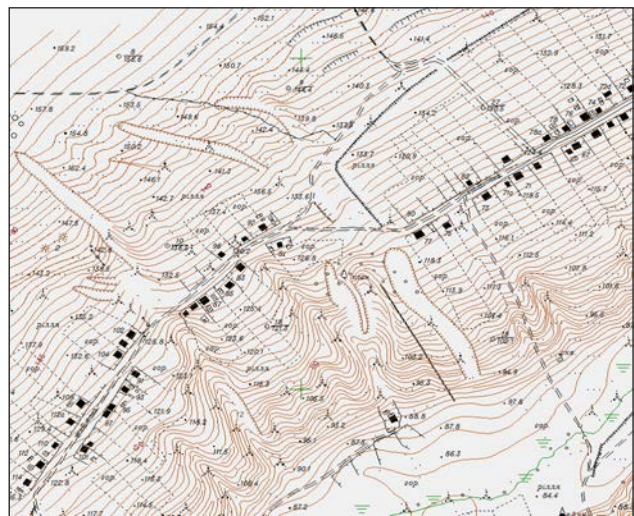


Рис. 6. Збільшення зсувів вул. Висока

лися по довжині дії зсуву в різних місцях з періодичністю 40–50 м.

Як виявилось, в зоні зсуву в ґрунті переважають крейдиані відкладення та відкладення глини. Також нами досліджено автомобільну дорогу з асфальтованим капітальним покриттям, яка майже повністю зруйнована під впливом дії зсуву. Це відбувається через неправильне проектування лотка для водовідведення ливневих стоків, у районі лотка за роки під дією зсуву утворилися два глибокі яри по обидві боки лотка.

За даними космічних знімків, топографо-геодезичних вишукувань і ґрунтових обстежень нами отримано інформацію про зміни координат меж зсуву по вулицях Підлісна й Висока с. Мілова, де процеси зсуву ґрунту поширювалися, межі земельної ділянки, яка перебувала у власності громадян, згідно з державними актами на право

власності на землю, змінилися і площа зменшувалася.

У населених пунктах, де багато років поспіль здійснювалися роботи з видобутку корисних копалин, дуже часто виникають негативні процеси. Для прогнозування подальшого розвитку руйнації ґрунтового покриву земель житлової та громадської забудови с. Мілова, які знаходяться у власності громадян, потрібно провести аналіз і розробити модель розвитку руйнівних процесів.

За допомогою космічних знімків виявлено земельні масиви, які потребують особливої уваги і здійснення протиерозійної організації території.

Нашими дослідженнями встановлено, що зсувні процеси тривають з двох причин: крейдиані породи й підмивання ґрунтів у зоні басейну ріки Сіверський Донець. Руйнація ґрунтового покриву відбувається ще під впливом людської діяльності – багаторіч-

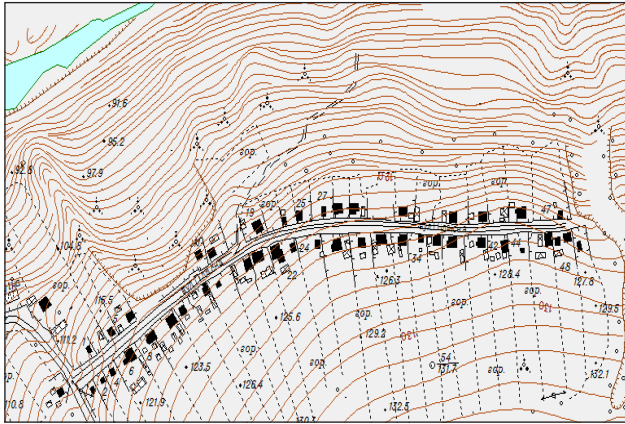


Рис. 7. Зсув по вул. Підлісна

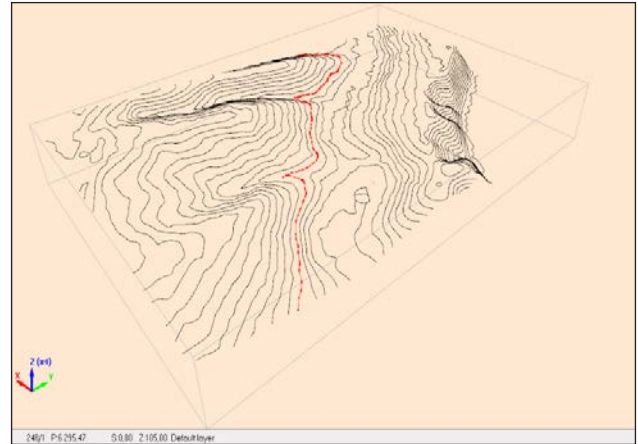


Рис. 8. Цифрова модель зони дії зсуву

ного видобутку корисних копалин – крейди, яка є на території Міловської сільської ради.

Основною метою застосування GIS-технологій і даних ДЗЗ є швидке виявлення територій, що зазнали процесу деградації ґрунту, і можливе прогнозування розвитку негативних явищ.

За допомогою даних космічного базування Землі можна досить швидко визначити межі досліджуваних територій, визначити приблизні координати зсуву, тим самим скоротити час проведення обстежень. Для швидкого реагування та прийняття управлінських рішень щодо подальшого використання деградованих земель необхідно кожному управлінцю мати таку інформацію.

Вертикальне знімання місцевості з виявлення ступеня зсуву ґрунту ми проводили один раз на рік – восени – протягом 5 років – 2013–2018 рр. За даними спостережень нами виявлено, що абсолютні відмітки зсуву дорівнюють у середньому – 82 м – 128 м, перевищення висот – 46 м.

Для встановлення дійсної картини об'єкта деградації зроблено детальне геодезичне знімання цієї території, визначено розміри земельного масиву, його загальну площу. За допомогою сучасного високоточного геодезичного обладнання – електронного тахеометру й GPS-приймача, зроблено координування кожної поворотної точки окремої земельної ділянки для отримання інформації про ступінь деградації ґрунтового покриву.

У результаті комп'ютерної обробки результатів геодезичних вимірів сучасним геодезичним програмним забезпеченням одержали координати об'єктів деградації ґрунтів кожної земельної ділянки населеного пункту. Виявлено, що площа об'єкта руйнації збільшилася за 5 років, відповідно, площа ріллі – зменшилася.

За даними наземного геодезичного знімання та комп'ютерної обробки результатів геодезичних вимірів ми отримали координати зсуву земельних масивів і побудували картографічне зображення розвитку ерозійних процесів різних років, результати оформили в таблиці й побудували модель розвитку деградаційних процесів руйнування поверхневого шару ґрунту.

За даними багаторічних спостережень і топографо-геодезичних зніманих території створено базу даних шляхом обробки геодезичних даних і внесення до відповідних комп'ютерних програм, за допомогою яких побудовано тривимірну модель розвитку деградації ґрунтового покриву – розповсюдження негативних ерозійних процесів руйнування земної поверхні.

Для одержання певної інформації потрібно весь час заносити до бази даних геодезичні координати окремих земельних ділянок або групи земельних ділянок, які потребують періодичного контролю – моніторингу, відокремити їх межі, визначити їх площі, що можна досягти розробкою детального плану території з геодезичним зніманням об'єктів та інформацію космічного базування. Якщо ця інформація є в різних інформаційних шарах, то для моніторингу довкілля потрібно вносити ці дані в спеціальну базу.

Такі прояви руйнівних процесів ґрунтового покриву потрібно вносити до бази даних державного земельного кадастру через районні відділи (управління) Держгеокадастру для періодичної інформації про земельні ділянки, що є ерозійно небезпечними та потребують охорони з боку держави. Так, до бази даних державного земельного кадастру вносяться певні дані про земельні ділянки, про землевласника та землекористувача, встановлюється межа за геодезичними координатами, встановлюється категорія земель і її цільове призначення під час оформлення

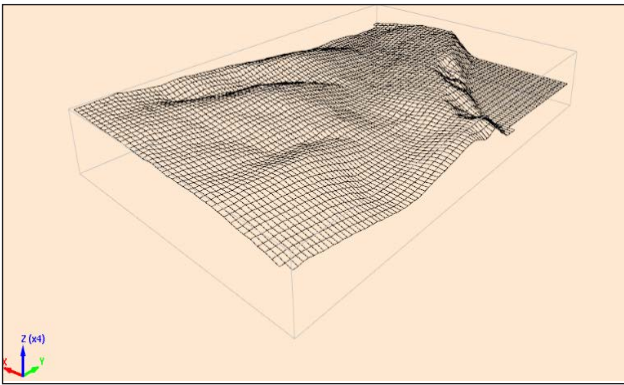


Рис. 9. 3-D модель зони дії зсуву

правовстановлювальних документів на земельну ділянку, права власності або користування, договору оренди землі.

Сучасні геоінформаційні технології дають змогу забезпечити потрібний постійний контроль спостереження об'єкта – моніторинг – шляхом створення потрібної комп'ютерної бази даних. За допомогою використання космічних знімків великого масштабу можна побачити розвиток ерозійних процесів певної земельної ділянки, під час певного масштабування космічного знімка можна встановити розміри земельних ділянок, а також їх приблизну площу.

Можна також побачити використання земельної ділянки, наприклад, несанкціоноване сміттєзвалище, самостійно виритий ставок, самовільну забудову, самовільні кар'єри корисних копалин тощо. Під час космічного базування – ДЗЗ – встановлюється система спостережень за різними наземними об'єктами або розвитком процесів. В аграрній галузі за допомогою космічного знімка можна встановити розміри засіяного поля, поля під бур'янами, розміри лісосмуг, польових шляхів, тобто можливості дуже великі.

Дешифрування космічних знімків дає змогу встановити об'єкти деградації ґрунтового покриву. Під час накладання на растр електронної цифрової карти ми одержали растрове зображення місцевості з нанесенням визначуваного земельного масиву. Космічний знімок ми масштабували до масштабу плану земельного масиву, у результаті одержано космічне зображення масиву, яке майже не відрізнялося за розмірами та площею.

Для побудови динаміки розвитку зсувних процесів необхідно мати базу даних для поповнення періодичної інформації, тобто здійснювати постійні спостереження – моніторинг. Повний пакет різних інформаційних шарів повинні мати в себе управління різного рангу – й органи місцевого самоврядування, й органи контролю за використанням та охо-

рони земель для прийняття управлінських рішень. Різні інформаційні шари на електронних носіях (у комп'ютерному вигляді) повинні бути в кожного управління для відповідних дій – це й цифрові електронні карти місцевості, космічні знімки, аерофотознімки, за якими проводять моніторинг.

За допомогою програмного забезпечення ми побудували тривимірну модель розвитку деградації ґрунтового покриву – розповсюдження ерозійних деградаційних процесів руйнування земної поверхні.

За даними багаторічних спостережень побудовано цифрову модель місцевості (рис. 8), переріз рельєфу – 5 м.

Комп'ютерні програми дають змогу побудови цифрових моделей будь-якої місцевості, ми використовували програмне забезпечення Didgitals, за допомогою якого можна зробити цифрову модель розвитку подальшої руйнації земної поверхні.

Побудована 3-D модель зони дії зсуву за допомогою програмного забезпечення Didgitals дає можливість передбачити подальшу руйнацію земної поверхні й вирахувати ступінь руйнації.

Для прийняття управлінських рішень про надання земельної ділянки у власність або користування на умовах оренди й подальшого цільового використання кожному управлінцю потрібна інформація щодо місцезнаходження земельних масивів. На космічному знімку шляхом уведення геодезичних координат земельної ділянки можна побачити точне місцезнаходження об'єкта й цільове її використання. Також така інформація необхідна для надання кадастрового номера земельній ділянці під час оформлення прав власності та користування.

Висновки. Отже, на основі зазначеного можемо підсумувати таке:

1. За даними космічних знімків, топографо-геодезичних вишукувань і ґрунтових обстежень отримано інформацію про зміни координат меж зсуву по вулицях Підлісна й Висока с. Мілова: процеси зсуву ґрунту поширювалися, межі земельної ділянки, яка перебувала у власності громадян, змінилися, площа зменшувалася.

2. Можливості ГІС-технологій мають велике значення у швидкому знаходженні території руйнації земної поверхні. Ці методи мають бути широко використані в найрізноманітніших галузях під час прийняття управлінських рішень.

3. За результатами дослідження побудована 3-D модель зони дії зсуву за допомогою програмного забезпечення Didgitals, що дає змогу передбачити подальшу руйнацію земної поверхні й вирахувати ступінь руйнації.

Список літератури:

1. Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Інформаційні системи тематичної обробки геоданих в завданнях моніторингу довкілля і природних ресурсів на регіональному рівні. Мат. наради «Можливості супутникових технологій і сприяння вирішення проблем Харківщини». Харків, 2009. С. 65–68.
2. Коваль А.М., Довжик Т.Є., Вакарчук С.Г. Застосування дистанційних досліджень і ГІС-технологій в процесі пошуку нових родовищ вуглеводнів на території Харківщини. Мат. наради «Можливості супутникових технологій і сприяння вирішення проблем Харківщини». Харків, 2009. С. 69–71.
3. Можливості визначення відносного місцеположення з міліметровою точністю / Є. Клепфер, В. Іванов, В. Антонюк, В. Корольов, Б. Оліярник, С. Савчук, І. Тревого, В. Макарович. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: збірник наукових праць. Львів, 2004. С. 384–390.
4. Клиорина Г.И. Дренажи в инженерной подготовке и благоустройстве территории застройки. Москва: Изд-во АСВ, 2002. 144 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДЗЗ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ОПОЛЗНЕЙ ПОЧВЫ

Оползни в населенных пунктах приводят к разрушению жилых домов, зданий и сооружений, автомобильных дорог и других объектов. При длительной добыче полезных ископаемых, как известно, происходят негативные геологические процессы, что в конечном итоге приводит к разрушению поверхности земли. Для прогнозирования и предупреждения развития негативных процессов необходима информация, такой есть ДЗЗ и ГИС-технологии.

Ключевые слова: *развитие оползневых процессов, геоинформационные системы в проведении исследований, программирование развития, антропогенное давление на окружающую среду, космические снимки, дистанционное зондирование Земли.*

USE OF DATA OF ДЗЗ FOR MONITORING OF PROCESSES OF LANDSLIDES OF SOIL

Landslides over in settlements brings to destruction of dwelling houses, building and building, highways and other objects. At the protracted mining, as is generally known there are negative geological processes, that in the end results in destruction of terrene. For prognostication and warning of development of negative processes information is needed, such is ДЗЗ and GIS-texnologi.

Key words: *development of landslide processes, geographic information systems in realization of researches, programming of development, anthropogenic pressure on an environment, space pictures, Remote sensing of Earth.*

ЕЛЕКТРОНІКА

УДК 004.056.53

Крилов А.В.

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

Ямненко Ю.С.

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

ЗАСТОСУВАННЯ БІБЛІОТЕКИ MACHINE LEARNING ДЛЯ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ MICROGRID

У статті викладено принципи побудови системи розподіленої генерації MicroGrid із застосування бібліотеки Machine Learning (машинного навчання), оскільки система MicroGrid з IoT дає велику кількість даних, яку треба обробляти для реалізації єдиної стратегії інтелектуального й енергоефективного керування, а також наявність «людського фактору» зумовлюють застосування методів машинного навчання, а саме методу Support Vector Machine (метод прикладних векторів)

Ключові слова: MicroGrid, Machine Learning, Support Vector Machine, метод, бібліотека, штучний інтелект, вибірка, вектор.

Постановка проблеми. Задача розробки сучасних автоматизованих систем керування та прийняття рішень для систем розподіленої генерації MicroGrid у наш час є досить актуальною. При цьому виникає питання майже повної автоматизації системи MicroGrid із мінімальним втручанням людини. Це призведе до мінімізації фізичних й енергетичних затрат на функціонування будинку. Тож введення до системи MicroGrid з концепцією Internet of Things бібліотек і методів «Machine learning» дасть змогу відкрити нові способи енергозбереження чи ефективного керування усього дому.

Такий підхід забезпечує не тільки «інтелектуалізацію», а й подальше навчання дому нових функцій без втручання інженерів чи програмістів. Такий метод контролю дає змогу впровадити «штучний інтелект» у повсякденне життя. Важливим є залучення алгоритмів машинного навчання, а саме – метод опорних векторів. Завдяки цьому методу машина дасть змогу виконувати не тільки примітивні задачі, а й замінить людину в побутових проблемах чи навіть допоможе в екстрених ситуаціях.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Система MicroGrid

MicroGrid є інноваційною концепцією малої розподіленої енергетики, що передбачає створення локальних мережевих енергетичних струк-

тур. Уніфікована структура системи MicroGrid включає акумуляторні батареї, перетворювальні пристрої напруги, контролери заряду/розряду, різномісні генератори (альтернативні та відновлювальні джерела енергії), а також навантаження. Наявність альтернативних джерел дає змогу забезпечити безперебійність роботи при відключенні централізованої мережі живлення або паралельно з нею. При тривалій відсутності напруги мережі та недостатності енергії від альтернативних джерел відбувається відключення електротехнічних пристроїв з урахуванням їх пріоритетів [1].

Machine Learning

Машинне навчання – це підмножина штучного інтелекту в області інформатики, яка часто використовує статистичні методи, щоб дати комп'ютерам можливість, поступово покращувати продуктивність у конкретними операціями з даними, без явного запрограмування.

Машинне навчання тісно пов'язане з обчислювальною статистикою, яка також зосереджується на прогнозуванні шляхом застосування комп'ютерів. Воно має тісні зв'язки з математичною оптимізацією, яка забезпечує цю галузь методами, теорією та прикладними областями. Машинне навчання іноді об'єднують із добуванням даних, де друга підгалузь фокусується більше на розвідувальному аналізі даних.

Том Мітчелл запровадив широко цитоване формальніше визначення алгоритмів, які досліджують у галузі машинного навчання: «Кажуть, що комп'ютерна програма вчиться з досвіду E щодо якогось класу задач T та міри продуктивності P , якщо її продуктивність у задачах із T , вимірювана за допомогою P , покращується з досвідом E ». Це визначення задач, якими займається машинне навчання, пропонує фундаментально операційне визначення замість того, щоб визначати цю галузь у когнітивних термінах [2].

Для використання такої технології для MicroGrid треба обрати напрям розрахунку ймовірностей зміни поведінки машини в залежності від потреб користувача. Наприклад, щоб машина сама знала, коли людині самій треба підняти температуру повітря чи вимкнути освітлення тощо.

Незважаючи на активний розвиток таких технологій, система MicroGrid передбачає жорстку взаємодію з командами людини та невелику частку автоматизації дій. Однак така система має вміння підлаштовуватися під людину і надавати їй доступ до реалізації її потреб практично без її участі.

Для вирішення цієї проблеми використовується впровадження технологій машинного навчання в керування системою.

Першою дією, яку має робити ця система, є визначення наявності власника будинку [1].

Можливими способами відстеження є наведені нижче.

1. Явний вхід за допомогою будь-якої RFID технології, при цьому вхідні двері обладнані електронним замком або входом за паролем.

2. Аутентифікація через смартфон, який завжди з собою

2.1. Bluetooth завдяки малому радіусу дії підходить дуже добре. Достатньо виявити смартфон із необхідною міткою в радіусі дії і можна зробити висновок, що хазяїн близько.

2.2. Wi-Fi. Кожен смартфон обладнаний унікальним MAC-адресою, типовий сценарій використання означає активність модуля Wi-Fi при приході до дому. Наявність у локальній мережі необхідного пристрою дає інформацію про місцезнаходження будинку.

2.3. Додаток на смартфоні. Можна налаштувати смартфон виконати певні дії при знаходженні в зоні з потрібною Wi-Fi-міткою, необхідною комбінацією доступних GSM вишок тощо.

Для всіх цих типів відстеження використовується метод опорних векторів. На основі отриманих даних можна будувати функції системи, які

залежать від результатів першочергового алгоритму. Наприклад, підключивши систему безпеки, можна дізнатися, чи не зайшла до будинку стороння людина. Також при знаходженні в приміщенні кількох людей можна навчити машину визначати оптимальний клімат для присутніх.

У разі, коли система максимально наближена до ідеальної, тобто в 9 з 10 прогнозувань всі прогнози сходяться, MicroGrid здатна прогнозувати аномальну поведінку людини, викликати допомогу чи якщо можна, надати допомогу самій.

Будь-яка програма являє собою певний алгоритм дій, який детально, послідовно роз'яснює, що треба виконати машині. Але в галузі машинного навчання все не зовсім так. Алгоритми машинного навчання вгадують все самі, зробивши висновок на основі отриманих даних. Чим більше алгоритм отримує такі дані, тим кращим він стає і адаптується. По суті, ці алгоритми програмують самі себе. Це дає змогу порівняно невеликій програмі (приблизно кілька сотень строк коду) генерувати складні і величезні алгоритми дії залежно від різних умов.

У наш час вони отримали значне поширення і вже ввійшли в наше життя. Хоча, звичайно, вони можуть бути невидимими з боку, і людина навіть не здогадується про їх вплив, але більшість інформаційних потоків, з якими взаємодіє людина, залежить від таких алгоритмів. В ідеальному вигляді машинне навчання дає змогу створити єдиний загальний алгоритм, який може описувати абсолютно все. Але в житті будь-якого алгоритму стикається з надто складними для нього задачами і в якийсь момент перестає ефективно діяти. І, може, знайдеться єдиний алгоритм, який зможе ознайомити всіх, але він, напевно, являтиме собою об'єднання основних типів алгоритмів, відомих нині.

Поняття MicroGrid з Machine learning

Наявна модель MicroGrid, обладнана пакетом Machine Learning, являє собою машину, яка працює за методом «навчання з вчителем». Навчання з учителем (англ. *Supervised learning*) – один зі способів машинного навчання, у процесі якого випробувана система примусово навчається за допомогою наявної множини прикладів «стимул-реакція» з метою визначення «реакції» (реакція системи на дію людини під час навчання або реакція системи на передбачену дію людини після навчання) для «стимулів» (дія людини під час навчання або передбачена дія людини), які не належать наявній множині прикладів. З точки зору кібернетики, є одним із видів кібернетичного експерименту.

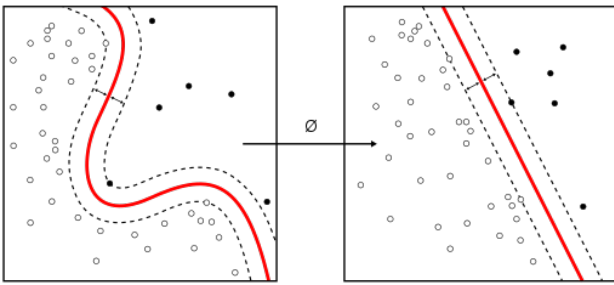


Рис. 1. Ядро методу

Принцип цього методу зумовлений тим, що між входами та еталонними виходами (стимул-реакція) може існувати деяка залежність, але вона невідома. Відома лише кінцева сукупність *прецедентів* – пар «стимул-реакція», звана *навчальною вибіркою*. На основі цих даних треба відновити залежність (побудувати модель відносин стимул-реакція, придатних для прогнозування), тобто побудувати алгоритм, здатний для будь-якого об'єкта видати досить точну відповідь. Для вимірювання точності відповідей так само, як і в навчанні на прикладах, може вводитися *функціонал якості* [2].

Формально задача навчання може бути сформульована таким чином: існує деяка сукупність «стимулів» – x_i , «реакцій на стимули» – y_i необхідно визначити залежність між y та x таку, що в межах припустимої помилки e буде справедливим $f(x) - e \leq y \leq f(x) + e$ [3].

Алгоритм «Support vector machine» для MicroGrid

Метод опорних векторів (Support vector machine) – контролююча модель навчання типу «навчання з вчителем», який аналізує дані, що використовуються для класифікації та регресійного аналізу. Враховуючи набір навчальних прикладів, кожен з яких позначається як такий, що належить до тієї чи іншої з двох категорій, алгоритм навчання SVM створює модель, яка призначає нові приклади однієї категорії або іншої, що робить його наймовірнішим бінарним лінійним класифікатором (хоча методи наприклад, масштабування Platt існують для використання SVM в імовірнісній класифікації). SVM-модель являє собою представлення прикладів як точки у просторі, маповані таким чином, що приклади окремих категорій діляться явним розривом, який є максимально можливим (рис. 2).

Нові приклади потім вказуються в тому самому просторі і передбачають, що вони належать до категорії, на підставі якої сторони розриву вони падають [3].

Крім виконання лінійної класифікації, SVM можуть ефективно виконувати нелінійну класифікацію, використовуючи те, що називається ядром, що неявно відображає їхні входи у високорозмірні простори.

Коли дані маркуються, контрольоване навчання неможливе, і необхідний підхід до некерованого навчання, який намагається знайти природне групування цих груп, а потім картувати нові дані до цих сформованих груп. Алгоритм векторної кластеризації, створений Хавою Сігельманом та Володимиром Вапніком, застосовує статистику векторів підтримки, розроблених в алгоритмі векторних машин підтримки, для класифікації непомічених даних і є одним із найбільш широко використовуваних алгоритмів кластеризації в промисловому застосуванні.

Вирішення алгоритму «Support vector machine» для MicroGrid

Алгоритм побудований на вирішенні трьох частин:

- формальна постановка завдання;
- випадок лінійної роздільності;
- випадок лінійної нероздільності.

Формальна постановка завдання

Точки припускають під собою певний випадок, а саме вектор із кількох значень за датчиками у вигляді «так» або «ні» (наприклад, датчик детекції руху та датчик спрацювання вимикача).

Тому вважаємо, що точки мають вигляд:

$$\{(X_1, C_1), (X_2, C_2), \dots, (X_m, C_m)\},$$

де C_i приймає значення 1 або -1, в залежності від того, якого класу належить точка X_i . Кожне X_i – це p -мірний речовий вектор, зазвичай нормалізований значеннями $[0,1]$ або $[-1,1]$. Якщо точки не будуть нормалізовані, то точка з великими відхиленнями від середніх значень координат точок занадто сильно вплине на класифікатор. Ми можемо розглядати це як навчальну колекцію, в якій для кожного елемента вже заданий клас, до якого він належить. Потрібно, щоб алгоритм методу опорних векторів класифікував випадок таким же чином. Для цього ми будемо розділяючу гіперплощину, яка має вигляд:

$$w \cdot x - b = 0$$

Вектор w – перпендикуляр, який розділяє гіперплощину і ділить її на допустимі й недопустимі випадки. Параметр $\frac{b}{\|w\|}$ дорівнює за модулем відстані від гіперплощини до початку координат. Якщо параметр b дорівнює нулю, гіперплощина проходить через початок координат, що обмежує рішення [3].

Головним є оптимальний розподіл між точками (випадками), тому потрібні опорні вектори і

гіперплощини, паралельні до оптимальної і найближчої, опорних векторів, двох класів. Можна сказати, що ці паралельні гіперплощини можуть бути описані такими рівняннями (з точністю до нормування):

$$\begin{aligned} w \cdot x - b &= 1 \\ w \cdot x - b &= -1 \end{aligned}$$

Якщо навчальна вибірка лінійно роздільна, то можна вибрати гіперплощини таким чином, щоб між ними не лежала жодна точка навчальної вибірки і потім максимізувати відстань між гіперплощинами. Ширину смуги між ними легко знайти з міркувань геометрії, вона дорівнює $\frac{2}{\|w\|}$; таким чином, головним завданням є мінімізувати $\|w\|$. Щоб виключити всі зайві точки зі смуги, треба, щоб для всіх i виконувалося:

$$\begin{cases} w \cdot x - b \geq 1, c_i = 1 \\ w \cdot x - b \leq -1, c_i = -1 \end{cases}$$

Це може бути також записано у вигляді:

$$C_i(w \cdot x_i - b) \geq 1, 1 \leq i \leq n, \quad (1)$$

Випадок лінійної роздільності

Проблема побудови оптимальної роздільної лінії гіперплощини зводиться до мінімізації $\|w\|$ за умови (1). Це завдання квадратичної оптимізації, яка має вигляд:

$$\begin{cases} \|w\|^2 \rightarrow \min \\ c_i(w \cdot x_i - b) \geq 1, 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

За теоремою Куна-Таккера, ця задача еквівалентна двоїстій задачі пошуку точки функції Лагранжа:

$$\begin{cases} L(w, b; \gamma) = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^n \gamma_i (c_i(w \cdot x_i - b) - 1) \rightarrow \min_{w,b} \max_{\gamma} \\ \gamma_i \geq 0, 1 \leq i \leq n \end{cases} \quad (2)$$

де $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_n)$ – вектор двоїстих змінних.

Зведемо цю задачу до еквівалентної задачі квадратичного програмування, що містить тільки двоїсті змінні:

$$\begin{cases} -L(\gamma) = -\sum_{i=1}^n \gamma_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_i \gamma_j c_i c_j (x_i \cdot x_j) \rightarrow \min_{\gamma} \\ \gamma_i \geq 0, 1 \leq i \leq n \\ \sum_{i=1}^n \gamma_i c_i = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

Припустимо, ми вирішили це завдання, тоді w і b можна знайти за формулами:

$$w = \sum_{i=1}^n \gamma_i c_i \cdot x_i \quad b = w \cdot x_i - c_i \gamma_i > 0$$

В результаті алгоритм класифікації може бути записаний у вигляді:

$$a(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i c_i x_i \cdot x - b \right)$$

При цьому підсумовування йде не за всією вибіркою, а тільки за опорними векторами, для яких $\gamma_i \neq 0$ [2].

Випадок лінійної нероздільності

Для того щоб алгоритм міг працювати, якщо класи лінійно нероздільні (точки знаходяться на межі розділяючої смуги), дозволимо йому припускатися помилок у навчальній вибірці. Введемо набір додаткових змінних $\varepsilon_i \geq 0$, що характеризують величину помилки на об'єктах x_i , $1 \leq i \leq n$. Візьмемо за відправну точку (2), пом'якшимо обмеження нерівності, так само введемо в мінімізуючий функціонал обмеження за сумарну помилку:

$$\begin{cases} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \rightarrow \min_{w,b,\varepsilon_i} \\ c_i(w \cdot x_i - b) \geq 1 - \varepsilon_i, 1 \leq i \leq n \\ \varepsilon_i \geq 0, 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

Коефіцієнт C – параметр налаштувань методу, який дає змогу регулювати відношення між максимізацією ширини розділяючої смуги і мінімізацією сумарної помилки.

Аналогічно, за теоремою Куна-Таккера, зводимо задачу до пошуку сідлової точки функції Лагранжа:

$$\begin{cases} L(w, b, \varepsilon; \gamma, \vartheta) = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^n \gamma_i (c_i(w \cdot x_i - b) - 1) - \\ - \sum_{i=1}^n \varepsilon_i (\gamma_i + \vartheta_i - C) \rightarrow \min_{w,b,\varepsilon} \max_{\gamma,\vartheta} \\ \varepsilon_i \geq 0, \gamma_i \geq 0, \vartheta_i \geq 0, 1 \leq i \leq n \\ \gamma_i = 0 \\ c_i(w \cdot x_i - b) = 1 - \varepsilon_i, 1 \leq i \leq n \\ \vartheta_i = 0 \\ \varepsilon_i = 0, 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

За аналогією, зведемо цю задачу до еквівалентної:

$$\begin{cases} -L(\gamma) = -\sum_{i=1}^n \gamma_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_i \gamma_j c_i c_j (x_i \cdot x_j) \rightarrow \min_{\gamma} \\ 0 \leq \gamma_i \leq C, 1 \leq i \leq n \\ \sum_{i=1}^n \gamma_i c_i = 0 \end{cases}$$

На практиці для побудови машини опорних векторів вирішують саме це завдання, а не (3), адже гарантувати лінійну роздільність точок на два класи в загальному випадку не представляється можливим. Цей варіант алгоритму називають алгоритмом із м'яким проміжком (soft-margin SVM), тоді як у лінійно роздільному випадку говорять про жорсткий проміжок (hard-margin SVM) [3].

Для алгоритму класифікації зберігається формула (4), з тією лише різницею, що тепер ненульовими γ_i володіють не тільки опорні об'єкти, але і об'єкти, які не підходять до правил навчальної вибірки. У певному сенсі це недолік, оскільки

об'єкти, які порушують навчальні правила, часто виявляються шумовими викидами і побудоване на них вирішальне правило спирається на шум.

Константу C зазвичай вибирають за критерієм змінного контролю. Це трудомісткий спосіб, адже завдання доводиться вирішувати заново при кожному значенні C .

Якщо є підстави вважати, що вибірка майже лінійно роздільна, і лише об'єкти-викиди класифікуються невірною, то можна застосувати фільтрацію викидів. Спочатку завдання вирішується при деякому C , і з вибірки видаляється невелика частка об'єктів, що мають найбільшу величину помилки ϵ . Після цього завдання вирішується заново по усеченій вибірці. Можливо, доведеться виконати кілька таких ітерацій, поки ті об'єкти, що залишилися, не виявляються лінійно нероздільними.

Отже, використання Machine Learning є досить актуальною темою, зокрема використання такого ядра. Алгоритм побудови оптимальної розділяючої гіперплощини, запропонований в 1963 р. Володимиром Вапніком, – алгоритм лінійної класифікації. Однак в 1992 р. був запропонований спосіб створення нелінійного класифікатора, в основі якого лежить перехід від скалярних творів до довільних ядер, так званий kernel trick, що дає змогу будувати

нелінійні роздільники. Результируючий алгоритм вкрай схожий на алгоритм лінійної класифікації, з тією лише різницею, що кожен скалярний твір у наведених вище формулах замінюється нелінійною функцією ядра (скалярним утворенням у просторі з більшою розмірністю). У цьому просторі вже може існувати оптимальна роздільна гіперплощина. Оскільки розмірність одержуваного простору може бути більшою розмірністю, ніж вихідного, то перетворення, що з'являють скалярні утворення, буде нелінійним, але це свідчить про те, що відповідна в вихідному просторі оптимальна розділяюча гіперплощина буде також нелінійною [2].

Висновки. Впровадження алгоритмів Machine Learning до системи розподіленої генерації енергії MicroGrid дасть змогу вирішити питання швидкості оброблення даних із датчиків: система дасть змогу, пропустивши етап обробки даних, напругу передбачати дію користувача, що значно збільшує швидкість системи і дає більше апаратних ресурсів на інші процеси.

В залежності від функціонального призначення до функціоналу системи можна додати методи передбачення погоди, стану здоров'я хазяїна тощо за допомогою внутрішніх та зовнішніх датчиків.

Список літератури:

1. Крилов А.В. Система розподіленої генерації microgrid із застосуванням технології іот. Електроніка-2018: XI міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених. Збірник статей. Київ: «Кафедра», 2018. С. 312–315.
2. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. New York: Cambridge University Press, 2014. –449 p.
3. Vapnik V. Statistical Learning Theory. Wiley, New York, 1998.

ПРИМЕНЕНИЕ БИБЛИОТЕКИ MACHINE LEARNING ДЛЯ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ MICROGRID

В статье изложены принципы построения системы распределенной генерации MicroGrid с применением библиотеки Machine Learning (машинного обучения), так как система MicroGrid с IoT дает большое количество данных, которые нужно обрабатывать для реализации единой стратегии интеллектуального и энергоэффективного управления, а наличие «человеческого фактора» обуславливает применение методов машинного обучения, а именно метода Support Vector Machine (метод прикладных векторов).

Ключевые слова: MicroGrid, Machine Learning, Support Vector Machine и метод библиотека, искусственный интеллект, выборка, вектор.

USAGE OF THE MACHINE LEARNING LIBRARY FOR THE DISTRIBUTED GENERATION OF MICROGRID

The article describes the principles of building a distributed generation of MicroGrid from the use of the Machine Learning library (machine learning). Since the MicroGrid system with IoT provides a large amount of data that needs to be processed to implement a single strategy for smart and energy efficient management, as well as the presence of a “human factor”, requires the use of machine learning methods, namely the Support Vector Machine (Applied Vectors Method)

Key words: MicroGrid, Machine Learning, Support Vector Machine, method, library, artificial intelligence, sampling, vector.

УДК 621.398

Можаровський Д.О.

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

Ямненко Ю.С.

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

ПЕРВИННА ОБРОБКА ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ БІОТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ДАТЧИКА ПУЛЬСУ

У статті досліджується первинна обробка часових характеристик пульсограм із використанням апаратної та програмної фільтрації з метою подальшої ідентифікації та порівняння з пульсограмами, що характеризують патологію серцево-судинної системи, на базі розрахунку середньоквадратичного відхилення.

Ключові слова: пульсограма, фільтрація сигналу, середньоквадратичне відхилення.

Постановка проблеми. Залучення сучасних заходів моніторингу фізіологічного стану людини є важливим для раннього виявлення порушень та вчасного діагностування захворювань. При цьому важливо правильно організувати отримання, обробку та розпізнавання інформації з біотелеметричних датчиків.

Процес аналізу даних із датчиків, їх подальша обробка та аналіз із метою визначення фізіологічного стану ускладнюються значним рівнем зашумленості та наявністю спотворень. Для розпізнавання корисної складової частини біомедичних сигналів використовуються методи фільтрації на апаратному та програмному рівнях.

Апаратна фільтрація передбачає застосування схемних рішень для виділення корисної компоненти сигналу у вибраній смузі частот при одночасному пригніченні шумів різної природи.

Задачами програмної фільтрації є, зокрема: 1) виділення періоду, 2) видалення сплесків, 3) оцінка рівня близькості досліджуваної характеристики з відомими характеристиками патологічних станів шляхом розрахунку середньоквадратичного відхилення (СКВ).

Для ідентифікації та розпізнавання біомедичного сигналу з метою виявлення відхилень у фізіологічному стані, що характеризується цим сигналом, необхідно порівняти його з відомими сигналами, які характеризують фізіологічно нормальний та патологічні стани. Таке порівняння відбувається на основі кореляційного аналізу значень у певних критичних точках за формою або за допомогою математичних мір подібності.

Отже, задача розробки методів аналізу біотелеметричних сигналів у системах моніторингу для

раннього виявлення патологій та відхилень у фізіологічному стані людини є актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для обробки та аналізу біомедичної інформації використовуються біотелеметричні системи, які виконують такі функції:

- обробка та фільтрація сигналів із датчиків;
- передача даних до серверу медичного центру;
- аналіз отриманих результатів та передавання їх лікарю для використання при встановленні або уточненні діагнозу.

Розробці системи аналізу сигналів у складі біотелеметричного модулю присвячено публікацію [1], в якій наведено приклад реалізації вимірювального каналу частоти серцевих скорочень, структурну схему реалізації модулю, розглянуто рішення для апаратної та програмної фільтрації, проте відсутній порівняльний аналіз пульсограм із патологічними сигналами для проведення повноцінної діагностики.

Постановка завдання. Метою статті є розробка методу первинного аналізу сигналу пульсограм та порівняння з наявними сигналами, що характеризують нормальний стан та патологічні відхилення.



Рис. 1. Структурна схема біотелеметричного модуля

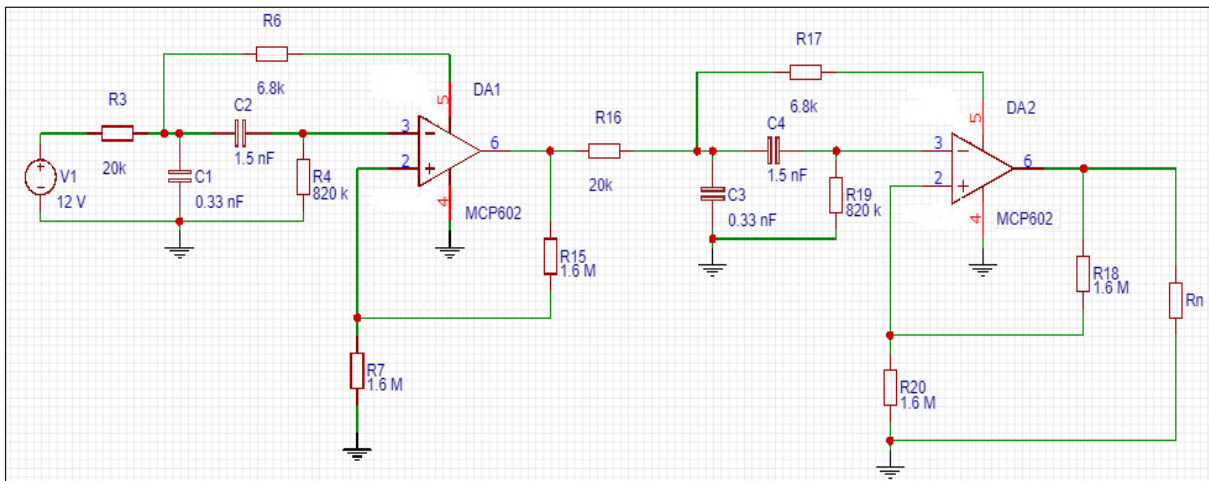


Рис. 2. Схема електрична принципова RC-фільтра

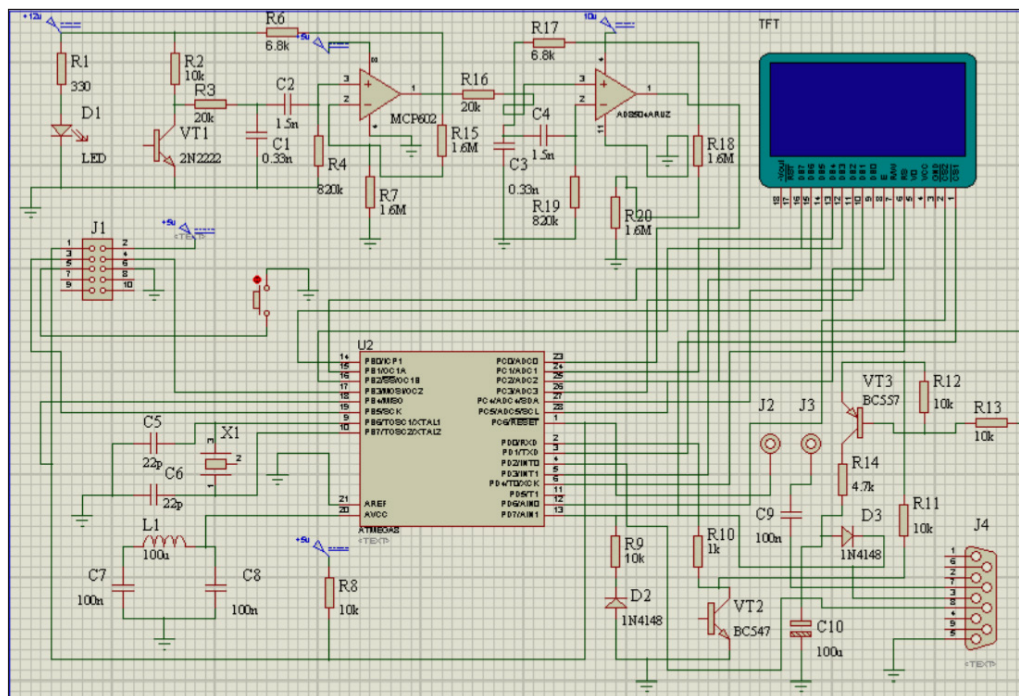


Рис. 3. Схема електрична принципова біотелеметричного модуля

Вимірювання пульсу є невід'ємною компонентою діагностичних досліджень та систем моніторингу стану здоров'я різних категорій людей. Виділимо окремо три таких категорії, для яких моніторинг фізіологічного стану, зокрема, аналіз пульсограм, є надзвичайно важливим із точки зору можливості надання своєчасної медичної допомоги та вжиття невідкладних заходів:

1) люди, в яких було діагностовано патології серцево-судинної системи, схильні до таких захворювань них або такі, що належать до групи ризику;

2) професійні спортсмени, для яких визначення обсягу рекомендованого фізичного наван-

таження базується, зокрема, на фіксації моментів виходу пульсу за межі встановлених норм, що веде до негативного ефекту від тренувань та завдає шкоди організму;

3) військовослужбовці під час бойових дій та/або виконання професійних службових обов'язків, що супроводжується перебуванням у екстремальних умовах та зумовлює важливість моніторингу психофізіологічного стану.

У цій статті розглянуто процес отримання та обробки пульсограм із використанням апаратного фільтра, мікроконтролеру та блоку індикації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Біотелеметричний модуль, призначений для

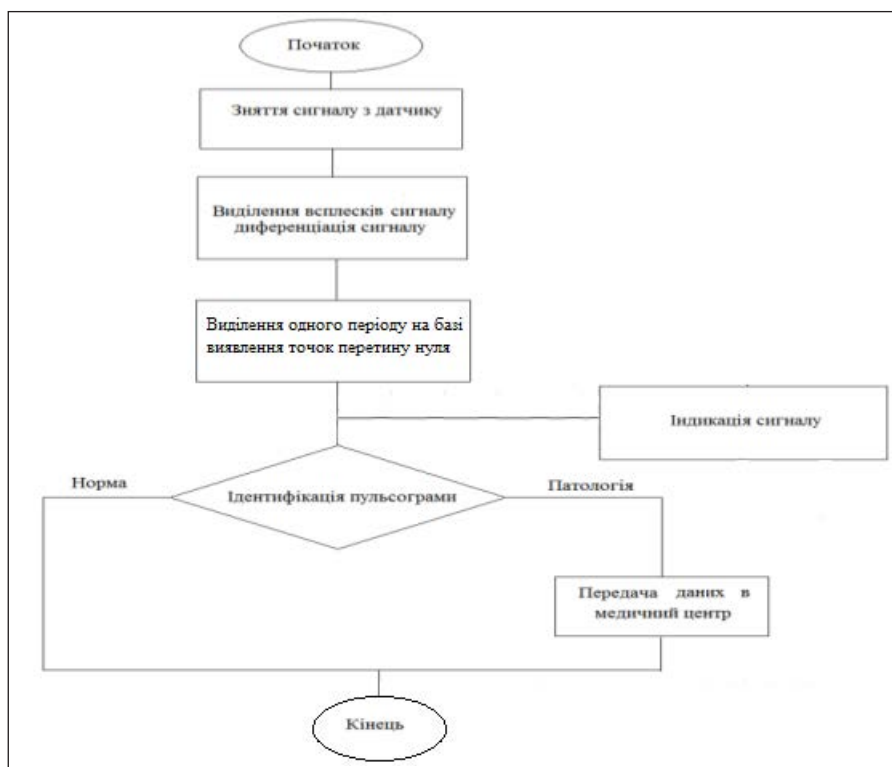


Рис. 4. Алгоритм програмної фільтрації сигналу з датчика пульсу

обробки інформації з пульсометра, побудований за структурною схемою, наведеною на рис. 1.

Схема складається з таких елементів:

- джерело живлення;
- датчик пульсу;
- смуговий фільтр;
- мікроконтролер для обробки даних;
- блок індикації пульсограми.

При подачі напруги на датчик утворюється аналоговий сигнал, що містить як корисну інформацію, так і шуми. Цей сигнал потрапляє до фільтру, завданням якого є виділення складових елементів сигналу у заданій смузі частот. Мікроконтролер зчитує інформацію з виходу фільтра за допомогою каналу АЦП і в процесі подальшої обробки здійснює виділення періоду сигналу, виявлення та усунення сплесків та виведення графіку одного періоду обробленої пульсограми на дисплей.

Апаратна фільтрація. Для фільтрації сигналу використовується двокаскадний RC-фільтр (рис. 2), що складається з таких елементів: резисторів R3, R4, R6, R7, R15, R16, R17-R20; конденсаторів C1-C4 та двох операційних підсилювачів DA1, DA2.

Як мікроконтролер для біотелеметричного модуля використовується відкрита програмована апаратна платформа Arduino UNO [2]. Індикація пульсограми реалізується за допомогою TFT-дисплею.

Загальна схема електрична принципова біотелеметричного модуля, розроблена у середовищі Proteus, зображена на рис. 3.

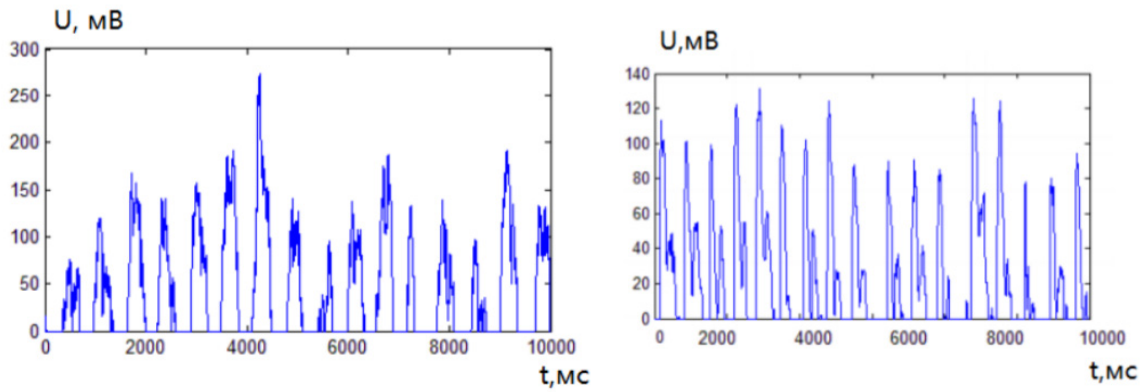
Програмна фільтрація. Алгоритм програмної фільтрації сигналу наведено на рис. 4.

При зчитуванні даних із каналу АЦП мікроконтролера в програмі виділяється певний числовий діапазон, за межі якого не має виходити досліджуваний сигнал. У протилежному випадку програма сприймає отримані дані як хибні. Аналогічна процедура виконується під час програмної обробки даних і для часового діапазону вимірних значень.

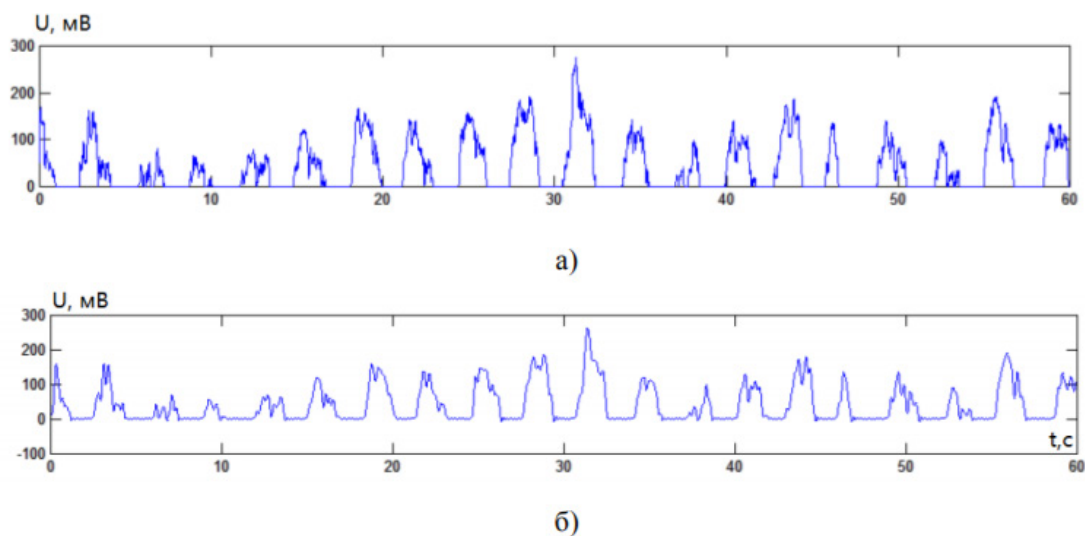
На рис. 5а зображено часову залежність напруги на виході мікроконтролера, яка відображає пульсограму до апаратної фільтрації сигналу, а на рис. 5б – після фільтрації.

Порівнюючи пульсограми на рис. 5 (а та б), можна зробити висновок, що у відфільтрованому сигналі підвищено співвідношення «сигнал-шум», що уможливорює виконання програмної фільтрації.

Далі програмним забезпеченням передбачено знаходження точок перетину сплесків сигналу з нульовим рівнем, видалення цих сплесків і виділення одного періоду пульсограми, який буде використовуватися в процесі подальшого аналізу для порівняння з шаблонами пульсограм патологій. Відфільтрований сигнал відображається на TFT-екрані.



а) б)
Рис. 5. Пульсограма до та після апаратної фільтрації



а) б)
Рис. 6. Пульсограми до і після програмної фільтрації

У разі програмної фільтрації сигналу були видалені сплески, величина яких була більшою 300 мВ і меншою 25 мВ по амплітуді, та проміжки між періодами пульсограми, тривалість яких менше 1 с. На рис. 6 зображено пульсограми до програмної фільтрації та після неї.

Для визначення патології треба виділити один період сигналу (рис. 7).

Як видно з рис. 7, після програмної фільтрації пульсограма не містить зайвих шумів і є придатною для виконання подальших кроків алгоритму.

Для визначення міри схожості досліджуваного сигналу та пульсограм, що характеризують патологічні стани, використовуються міри подібності. У разі виявлення ознак схожості на патологічний стан дані передаються у медичний центр для подальшої обробки та прийняття рішення про вжиття необхідних заходів.

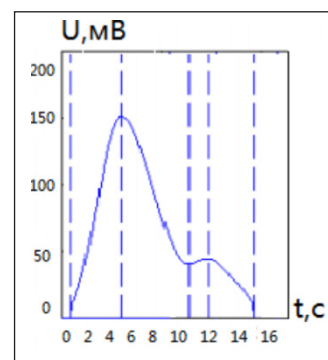
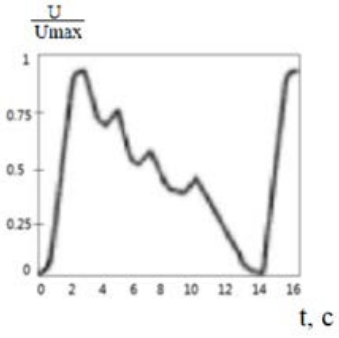
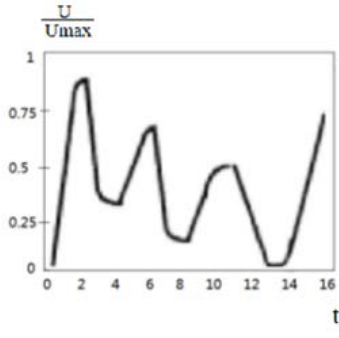
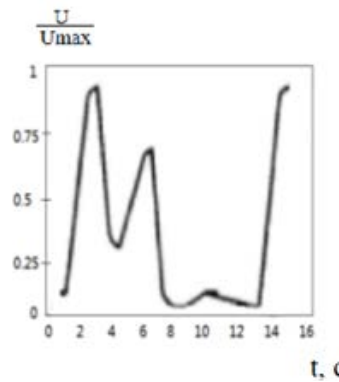
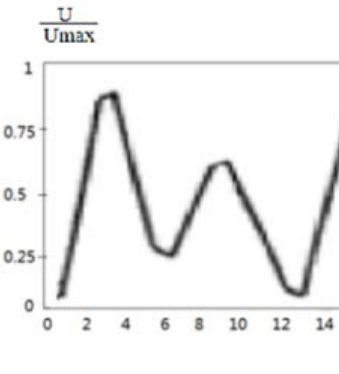
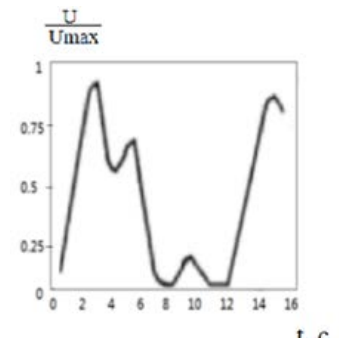
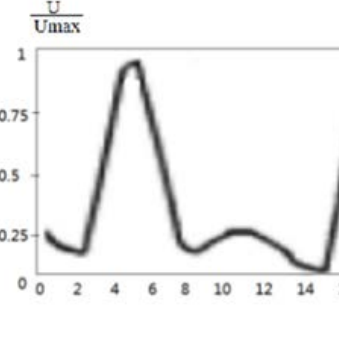


Рис. 7. Виділення одного періоду пульсограми

На основі виділеного одного періоду пульсограма порівнюється з шаблонами патологій, графіки пульсограм для яких наведено у табл. 1 (на прикладі різних значень імовірності артеріальної гіпертензії). За вертикальною віссю у наведених графіках використовуються нормовані до максимального значення.

№	Діагноз та його ймовірність	
1.	Максимальна ймовірність артеріальної гіпертензії	
		
2.	Рівна ймовірність наявності чи відсутності артеріальної гіпертензії	
		
3.	Мінімальна ймовірність артеріальної гіпертензії	
		

Пульсограми з мінімальною ймовірністю артеріальної гіпертензії характеризуються двома слабо вираженими дикротичними чи пресистоличними хвилями або однією слабо вираженою дикротичною хвилею [3; 4].

Для оцінки ступеня близькості досліджуваної пульсограми до шаблонів патологій використовується середньоквадратична похибка [5]:

$$E(U_i, U) = \frac{1}{N} \sum_{v=0}^{N-1} (U_{i_v} - U_v)^2, \quad (1)$$

де U_i – значення напруги у мВ, взяті у відповідних точках по осі часу, U_v – середнє значення напруги у мВ.

Для опису типових сигналів використовувалися двовимірні масиви, які являють собою два одновимірних масива. В першому масиві задавалися значення напруги по вертикальній вісі, в другому – час. Після цієї процедури за допомогою формули (1) порівнювався сигнал, зображений на рис. 7, з сигналами патологій (див. табл. 1) [3]. Результати, що отримані при цьому, являють

собою масив із 6 значень, серед яких обиралося найменше значення, яке показує, на який тип патології схожий цей сигнал. Результати занесено до табл. 2.

Таблиця 2

Пульсограма	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Тип 6
Середньоквадратична похибка	0.964	0.437	0.583	0.387	0.176	0.047

З табл. 2 випливає, що досліджуваний сигнал найбільше схожий на 6 тип пульсограми, тобто ця пульсограма характеризує нормальний стан (мінімальна імовірність артеріальної гіпертензії).

Висновки. Таким чином, у статті виконано розробку системи первинної обробки пульсограм, включаючи апаратну та програмну фільтрацію. Під час апаратної фільтрації видаляються сплески сигналу, зменшується рівень завад та, відповідно, підвищується співвідношення «сигнал-шум». Програмна фільтрація дає змогу виділити один період пульсограми, який у подальшому порівнюється з шаблонами пульсограм для різних патологій. Оцінка міри близькості досліджуваного сигналу із шаблонами виконується на базі обчислення середньоквадратичного відхилення. У разі встановлення високого рівня схожості з патологією дані відправляються до медичного центру для подальшої обробки та прийняття рішення про вжиття необхідних заходів.

Список літератури:

1. Шенгур С.В., Дергунов О.В., Кучерак Р.Я., Кваша О.М. Вимірювання частоти серцевих скорочень. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних сил. 2017. Вип. 1 (50). С. 115–117. URL: <http://er.nau.edu.ua:8080/handle/NAU/27313>.
2. О платформе Arduino Uno. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/about/>.
3. Десова А.А., Вапник Т.Н., Белова И.И., Журавель А.А. Использование показателей периферического пульса для дифференциальной диагностики заболеваний лёгких. Физиология человека. 1991. Т. 17. № 2. С. 54–60.
4. Терещенко Т.О., Ямненко Ю.С. Спектральні методи обробки біометричної інформації. ElectronComm. 2015. Vol. 20. № 1(84). С. 51–56.
5. Raghavendra N.V., Krishnamurthy L. Engineering metrology and measurements. 2013. С. 193–195.

ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ БИОТЕЛЕМЕТРИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДАТЧИКА ПУЛЬСА

В статье исследуется первичная обработка временных характеристик пульсограмм с использованием аппаратной и программной фильтрации с целью дальнейшей идентификации и сравнения с пульсограммами, характеризующими патологии сердечно-сосудистой системы, на базе расчета среднеквадратичного отклонения.

Ключевые слова: пульсограмма, фильтрация сигнала, среднее отклонение.

PRIMARY PROCESSING AND IDENTIFICATION OF BIOMETRIC INFORMATION FROM THE HEART RATE MONITOR

In the article was considered the primary processing of pulsograms with the using of hardware and software filtration. It is used for further identification and comparison with pulsograms characterizing the pathology by calculating the mean square deviation.

Key words: pulsogram, signal filtration, mean square deviation.

Семенюк А.О.

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

Скрипник Д.В.

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

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З ДАНИМИ В СИСТЕМІ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МЕХАНІЗМУ ХИТАННЯ КРИСТАЛІЗАТОРА

У статті описана доцільність розробки та вдосконалення систем діагностування механізму хитання кристалізатора. Авторами розглянуті особливості технології неперервного лиття заготовок та систем діагностування механізмів хитання. Описана конструкція системи-прототипу та її характеристики. Також розглянуто переваги і недоліки використання реляційних баз даних для збереження інформації, запропоновані різні способи організації бази даних для зберігання інформації про діагностування системи хитання кристалізатора. Було проведено розрахунок приблизного об'єму пам'яті, необхідного для зберігання даних. Запропоноване рішення відрізняється зручністю в експлуатації та меншою вартістю.

Ключові слова: механізм хитання кристалізатора, MEMS-акселерометр, діагностування, база даних.

Постановка проблеми. Металургійні комбінації з технологією неперервного розливу сталі мають працювати тривалий час у сталому режимі, забезпечуючи при цьому високу якість лиття заготовок [1] і не допускаючи можливостей розвитку аварійних ситуацій, внаслідок яких виникне загроза життю працівників та пошкодження обладнання, а це, своєю чергою, зупинить виробництво і залишить решту працівників без роботи. Однією з ланок машини неперервного лиття заготовок, яка потребує посиленого контролю для забезпечення сталого режиму роботи, є кристалізатор (рис 1.) [2], функція якого надавати форму сталевому прокату [3].

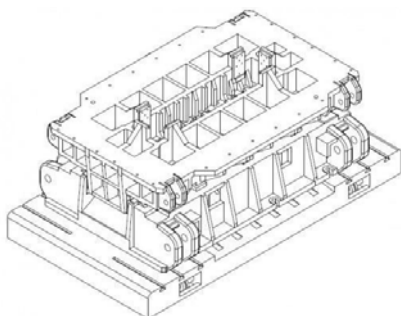


Рис.1. Зовнішній вигляд кристалізатора [2]

У процесі роботи кристалізатор здійснює періодичні гармонійні або несинусоїдальні коливання [3] невеликої амплітуди

$$f = 1,67 \dots 6,6 \text{ Hz};$$

$$A = 0 \dots 7 \text{ mm};$$

$$k = 0,5 \dots 0,8$$

з метою не допускати прилипання сталі до його стінок, а точність цих коливань прямо впливає на якість злитку, оскільки сліди хитання кристалізатора (oscillation marks), які виникають на ньому, погіршують якість продукту [4]. У тому разі, коли параметри хитання грубо виходять за межі норми, сліди хитання набуватимуть розмірів достатніх для розриву затверділої корки сталі і проливу розплаву, що спричинить серйозну аварію. Тому доцільно використовувати системи моніторингу хитання кристалізатора на виробництвах для попередження вищезазначених недоліків, а розробка нових і вдосконалення наявних систем моніторингу є актуальною задачею.

Найбільш широко використовуваними на металургійних підприємствах світу є системи діагностування виробників Voestalpine Mechatronics GmbH (Австрія), Kiss Technologies Inc, Tozato Engenharia (США, Аргентина), НПП «Техноап» (Росія) [5], Ergolines OPI (Італія) [6]. Системи мають схожу конструкцію, принцип роботи й обробки даних, а також високу ціну покупки та обслуговування іноземними спеціалістами чи ліцензованої підготовки працівників підприємства [7]. Це заважає їм бути широко представленими на українському ринку. З недоліків варто зазначити також пропрістарність форматів даних

моніторингу, що можуть бути прочитані і досліджені лише в програмах від цих виробників, тому дослідники не мають можливості отримати доступ до даних і використати їх. Також варто відзначити неможливість гнучкого налаштування системи під змінені параметри експлуатації. Оскільки ливарне виробництво в Україні та за кордоном представлене досить широко, розробка подібної системи є пріоритетною та рентабельною задачею.

Постановка завдання. Тому важливим є завдання розробити адаптивну систему обробки інформації або оптимізувати наявний алгоритм обробки інформації. Це дасть змогу суттєво зменшити час обробки інформації та використовувати однаковий об'єм пам'яті для збереження більшої кількості даних. Мета статті – запропонувати одну з можливих побудов баз даних для такої системи. Подібний спосіб збереження інформації дає змогу зробити дані легкодоступними, з одного боку, для візуалізації або додаткової обробки, а з іншого – надає можливість додатково захистити їх за допомогою відомих засобів шифрування.

Виклад основного матеріалу дослідження.
Апаратна частина системи діагностування. Прототип системи був створений на основі трьох-осьових мікроелектромеханічних (MEMS) акселерометрів LIS331DLH (рис. 3) і випробуваний на виробництві (рис. 2). За низької вартості такі акселерометри мають досить високі метрологічні характеристики, що дає можливість створювати на їх основі системи контролю з точністю, співставною із зарубіжними системами, а вартість визначатиметься в основному складністю і функціональністю програмного забезпечення [8].

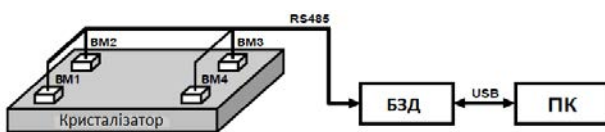


Рис. 2. Узагальнена структурна схема системи-прототипу [7]

Система дає змогу відслідковувати траєкторію руху кристалізатора і визначати відхилення від сигналу завдання. На рис. 2 позначені: BM1 – BM4 – вимірювальні модулі на основі трьохосьових мікроелектромеханічних акселерометрів, що також містять схеми перетворення сигналів; БЗД – блок збору даних; ПК – персональний комп'ютер або сервер, на якому буде встановлено програмне забезпечення.

Основні технічні параметри системи: кількість вимірів на секунду – 1600; роздільна здатність – 0,5 mg; час вимірювання – 3 с.

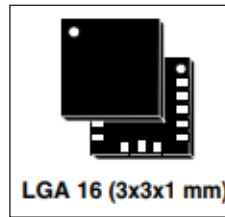


Рис. 3. LIS331DLH 0,5 Гц до 1 кГц. 6D орієнтація у просторі; витримує до 10000g; діапазон робочих температур: -40° $+85^{\circ}$ [9].

Вихідні дані системи: прискорення, швидкості і переміщення по кожній з трьох осей кожного датчика [7].

Розробка бази даних. Авторами вирішено розробити та реалізувати програмне забезпечення, що не матиме недоліків, наведених у попередньому розділі. Для цього необхідно створити базу даних для зберігання інформації, що надходить від апаратного забезпечення. Також розробка бази даних дасть змогу в майбутньому накопичувати дані, які слугуватимуть опорними для навчання системи діагностування з алгоритмом machine learning.

Для роботи системи діагностування пропонується організувати збереження інформації за допомогою реляційної бази даних (далі – БД).

Реляційна БД являє собою сукупність схем відношень, пов'язаних один з одним, і дає змогу представити інформацію за допомогою пов'язаних між собою таблиць [10].

У реляційних базах даних вся інформація зведена у таблиці, рядки і стовпці, що називаються записами і полями відповідно. Ці таблиці отримали назву реляцій. Записи в таблицях не повторюються. Їх унікальність забезпечується первинним ключем, що містить набір полів, однозначно визначаючих запис.

Переваги:

- модель даних відображає інформацію в найбільш простій для користувача формі;
- заснована на розвиненому математичному апараті, який дає змогу досить лаконічно описати основні операції з даними;
- дає змогу використовувати мови маніпулювання даними не процедурного типу;
- маніпулювання даними на рівні вихідної БД і можливість зміни.

Недоліки:

- найбільш повільний доступ до даних;
- трудомісткість розробки [11].

Крім того, база даних дає змогу зчитати інформацію з файлу поза межами програми, що використовувалася для їх запису.

Було розглянуто два можливі варіанти організації структури бази даних:

– створення однієї таблиці, у яку будуть записані дані з усіх акселерометрів, і час, протягом якого проходило вимірювання;

– створення по окремій таблиці для даних з кожного датчика і окрема таблиця, у якій кожному вимірюванню буде присвоєно часову мітку та ідентифікатор, до якого будуть прив'язані всі відповідні вимірювання з інших таблиць.

Перший варіант простіший у реалізації, тоді як другий забезпечує більшу наочність даних і спрощує їх аналіз, а також підвищує надійність. Так, у разі втрати сигналу або помилки зчитування з якогось датчика не будуть втрачені всі дані одразу, а лише ті, які надходили з несправного датчика, а система продовжить функціонувати з використанням даних з трьох інших датчиків. Однак у цьому разі буде неможливо застосувати метод теоретичної перевірки траєкторії по надмірних даних з четвертого датчика. Перенесення ж часових міток у окрему таблицю дасть змогу мінімізувати розмір файлів, оскільки інформація не повторюватиметься тричі в таблицях.

Таблиці даних організовуються, створивши у них три стовпці для сигналів по осях X, Y, Z і первинний ключ.

Значенню первинного ключа відповідає мітка часу, що однакова для всіх таблиць з даними. Знову ж таки для зменшення розмірів файлів результатів пропонується дати можливість користувачу визначати, записувати дані з мітками реального часу для кожного вимірювання, фіксувати час тільки відносно початку вимірювань або обидва варіанти.

Також необхідно створити стовпці з мітками, які відображатимуть інформацію про те, на якому саме кристалізаторі машини неперервного лиття заготовок встановлений цей датчик, адже можливе під'єднання до одного комп'ютера керування декількох систем датчиків для одночасного контролю в реальному часі більше ніж одного кристалізатора.

Розрахунок приблизного розміру файлу вимірювань. Скористаємося даними про величину різних типів даних у MySQL. Зміна чисельного типу – 4 байти, дата+час – 8 байт. Кожна таблиця з даними містить три числові значення та первинний ключ (у підсумку 4 цифрові поля). Таких таблиць загалом 4 (за кількістю датчиків). Таблиця, що з'єднує мітки часу і первинні ключі, містить числове поле та поле типу дата-час. Загалом маємо 76 байт для запису одного циклу вимірювань. За середньої частоти в 1000 вимірювань за секунду маємо 74 кілобайти даних за одну секунду. За хвилину «набігає» приблизно 4.5 мегабайти даних.

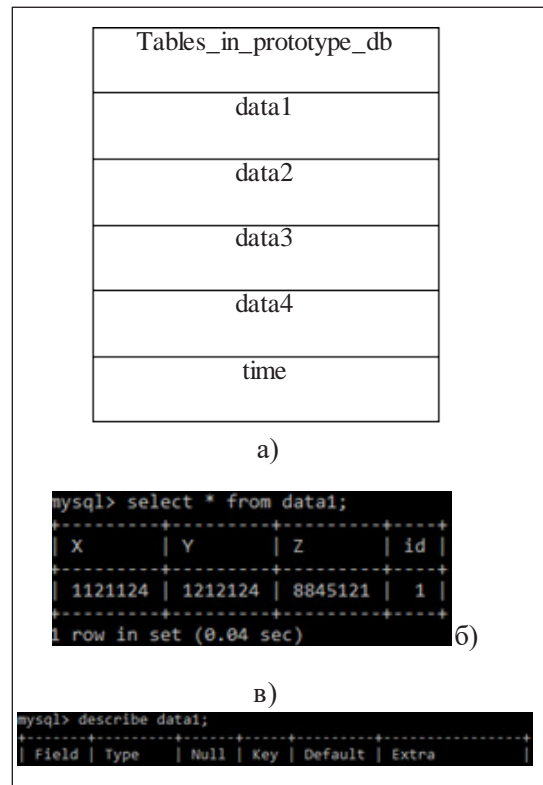


Рис. 4. Структура прототипної БД: а) бази даних з чотирма таблицями даних і однією зв'язуючою; б) таблиця з умовними значеннями для прикладу; в) властивості для комірок таблиці

Можливі такі варіанти збереження даних: збереження усього обсягу інформації, отриманої з датчиків; архівування; прорідження даних у декілька разів або взагалі їх незберігання, проводячи моніторинг у режимі реального часу і фіксуючи лише відхилення від норми. Кожен із запропонованих методів має свої недоліки:

– повне збереження даних вимагає серйозних об'ємів пам'яті, що не завжди можливо і раціонально у портативних системах;

– архівування частково розв'язує проблему попереднього методу, проте потребує додаткових програмних потужностей і може призводити до втрати цілих блоків даних у разі помилки архівування;

– прорідження викликатиме втрату точності, тому необхідно додатково обчислювати ступінь прорідження для кожного вимірювання;

– вимірювання у реальному часі не дадуть повної картини подій в подальшому, а для детектування помилок необхідна чітко визначена межа похибок та база даних попередніх вимірювань.

Висновки. Використання СУБД для збереження інформації, отриманої під час моніторингу, має низку переваг перед наявними аналогами.

Головною з них є уніфікація, що дає можливість використовувати дані моніторингу у подальшій обробці без додаткових програм або конверторів, передавати їх для візуалізації у сторонні програми, додатки, веб-ресурси.

Авторами запропонована модель зберігання інформації у вигляді бази даних, що дає змогу зберігати 4.5 мегабайти даних за хвилину. Наявні системи моніторингу хитання кристалізатора створюють файли розміром 600 кілобайт за хвилину, що є значно меншою величиною, ніж запропонований авторами спосіб. Таким чином, було

встановлено, що використання баз даних не є рентабельним з точки зору економії пам'яті. Однак переваги такого режиму зберігання даних очевидні і були перераховані у попередніх розділах статті. Окрім того, створення подібної бази даних суттєво спрощує доступ до даних та їх подальшу обробку.

Використання бази даних дасть змогу розширити спектр інструментів для обробки даних, полегшить впровадження нових технологій у процес вимірювання, обробки та візуалізації інформації, що є наступним етапом досліджень.

Список літератури:

1. Бровман М.Я., Марченко И.К., Кан Ю.Е. Иванов В.И. Усовершенствование технологии и оборудования машин непрерывного литья заготовок, Киев: Техника, 1976.
2. Cast Mold Transmission. URL: <http://sevcanplmdesigner.com/portfolio/cast-mold-transmission/> (дата звернення 28.05.2018).
3. Смирнов А.Н., Куберский С.В. Штепан Е. Непрерывная разливка стали: учебник. Донецк: ДонНТУ, 2011. 482 с. рис.
4. Devine K.M., Vynnycky M., Saleem S. and Florio B.J. On the formation of fold-type oscillation marks in the continuous casting of steel. Royal Society Open Science, no. DOI: 10.1098/rsos.170062, 2017.
5. Сидоров В.А., Сотников А.Л. Анализ систем контроля и диагностирования механизмов качания МНЛЗ. Научные работы Донецького національного технічного університету (Сер.: Металургія). № 102, С. 46–55, 2005.
6. OSCILLATOR CHECKER MOULD OSCILLATION MONITORING SYSTEM AND OSCILLATOR CHECKER. URL: <http://www.ergolines.it/products/opi/> (дата звернення 15.06.2018).
7. Полено А.Н., Диденко В.А., Бондаренко А.Ф. Алгоритм функционирования информационно-измерительной системы для мониторинга механических колебательных процессов. Одеса, 2013.
8. Диденко В.А., к. т. н., Бондаренко А.Ф., Полено А.Н. Обзор средств контроля траектории движения кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок, Одеса, 2014.
9. LIS331DLH. URL: http://www.st.com/content/st_com/en/products/mems-and-sensors/accelerometers/lis331dlh.html (дата звернення 18.06.2018).
10. Дейт К.Д. Введение в системы баз данных. 7-е изд., Москва: Вильямс, 2001, с. 1072.
11. Реляційні бази даних – переваги та недоліки. URL: <https://sites.google.com/site/gosyvmkss12/bazy-dannyh/07-relacionnye-bazy-dannyh-dostoinstva-i-nedostatki> (дата звернення 10.05.2018).
12. Szekeres E.S. Overview of mold oscillation in continuous casting, Iron and Steel Engineer. № July, pp. 29–37, 1996.
13. Rossi I. The continuous Casting Machine Comes of Age, P., AISE Yearly Proceedings, 1964, pp. 155–160.
14. Bungeroth A. and Speith K.G. Continuous Casting of Steel in Western Germany. Journal of the Iron and Steel Institute, № 182, pp. 158–161, 1958.
15. Шюрман Э., Фиге Л., Кайзер Х.-П., Клагес Т. Влияние качания кристаллизатора на качество поверхности непрерывнолитых слябов. Чер. металлы, № 22, pp. 27–33, 1986.
16. Кристалізатор. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кристалізатор> (дата звернення 20.06.2018).
17. Смирнов А.Н., Антыкуз О.В. Комплексный контроль параметров качания кристаллизаторов МНЛЗ. Металл и литье Украины. № 1–2, с. 57–61, 2009.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ДАННЫМИ В СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЗМА КАЧАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАТОРА

В статье описана целесообразность разработки и совершенствования систем диагностирования механизма качания кристаллизатора. Авторами рассмотрены особенности технологии непрерывного литья заготовок и систем диагностирования механизмов качания. Описана конструкция системы-прототипа и ее характеристики. Также рассмотрены преимущества и недостатки использования реляционных баз данных для хранения информации, предложены различные способы организации базы данных для хранения информации о диагностировании системы качания кристаллизатора. Был проведен расчет приблизительного объема памяти, необходимый для хранения данных. Предложенное решение отличается удобством в эксплуатации и меньшей стоимостью.

Ключевые слова: механизм качания кристаллизатора, MEMS-акселерометр, диагностирование, база данных.

**SPECIALTIES OF OPERATING WITH DATA IN A MOLD
OSCILLATION MECHANISM TECHNICAL CONDITION DIAGNOSING SYSTEM**

The article describes the expediency of developing and improving systems for diagnosing the mold oscillation mechanism. The authors have considered the features of the continuous cast technology and systems for diagnosing oscillation mechanism. Design of the prototype system and its features have been described. Also the advantages and disadvantages of using relational databases for storing information are considered, various ways of organizing the database for storing information on diagnosing a molding system of a crystallizer are offered. A calculation was made of the approximate amount of memory required to store data. The proposed solution is characterized by convenience in operation and a lower cost.

Key words: mold oscillation mechanism, MEMS accelerometer, diagnostics, database.

УДК 621.31

Терещенко Т.О.

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

Хижняк Т.А.

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

Лайкова Л.Г.

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

Овсієнко М.Ю.

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

Заруба Д.С.

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

ВИЗНАЧЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЕЛЕМЕНТІВ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Забезпечення безаварійної роботи обладнання з напівпровідниковими перетворювачами потребує вирішення задачі вчасної ідентифікації несправностей елементів напівпровідникових перетворювачів. Розглянуто спосіб визначення несправностей DC-DC перетворювача з квазі-імпедансною ланкою, викликаних виходом параметрів елементів за допустимі межі. Ідентифікація типу несправності виконується за критеріями середнього значення на основі даних про випрямлену напругу навантаження в усталеному режимі та часу перехідного процесу, які отримані під час моделювання роботи перетворювача в справному режимі та у разі різних несправностей. Розглянуто питання визначення сфери безаварійної роботи за одночасної зміни декількох параметрів схеми.

Ключові слова: ідентифікація несправностей, діагностика перетворювачів, DC-DC перетворювач з квазі-імпедансною ланкою.

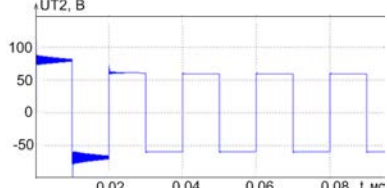
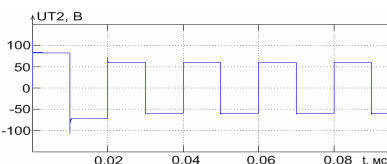
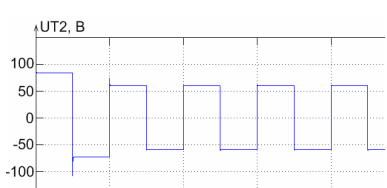
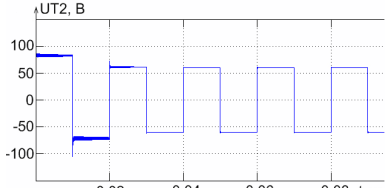
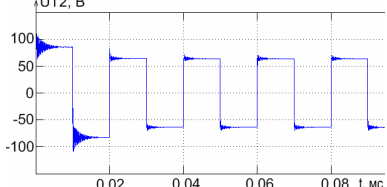
Постановка проблеми. На стан напівпровідникового перетворювача впливають такі фактори, як температура навколишнього середовища, частота роботи, робочі струми та напруги, режим роботи, зміна внутрішніх параметрів елементів, що інколи призводить до виникнення аварійних або передаварійних режимів роботи. Одним із методів отримання діагностичної інформації про режим роботи напівпровідникового перетворювача є моделювання процесів у ньому та виділення певних діагностичних показників, які стануть основою для ідентифікації його стану. Особливо гостро проблема діагностики постає в пристроях, вихід з ладу яких може привести до смерті людини або завдати шкоди її здоров'ю (наприклад, у кардіостимуляторах і інших системах життєзабезпечення людини) [1]. В таких випадках необхідний ступінь надійності має забезпечуватися додатко-

вими способами, наприклад, різними схематичними методами, установкою захисних ланцюгів або додатковим резервуванням. Крім того, необхідно підвищити швидкість і точність діагностування стану таких пристроїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як показують дослідження, про появу несправності або зміну параметрів елементів напівпровідникового перетворювача свідчить зміна форм часових діаграм його струмів та напруги [2; 3]. Тому часові залежності струмів та напруги перетворювачів доцільно використовувати як діагностичну інформацію.

Стан напівпровідникового перетворювача визначається станом його активних та пасивних елементів. До останніх належать конденсатори, трансформатори, котушки індуктивності та резистори [3].

Результати моделювання у разі зміни індуктивності Lqz1 або Lqz2

Відхилення параметрів (в % від ном.)	Часова діаграма напруги вторинної обмотки трансформатора UT2	Середнє значення випрямленої напруги навантаження в усталеному режимі Uс, В	Час перехідного процесу, мс
-75		196,9	17
-50		191,7	24
-10		204,7	10,5
0		205,4	10,5
+10		205,4	13,5
+50		200,8	30,15
+75		200,3	30,17

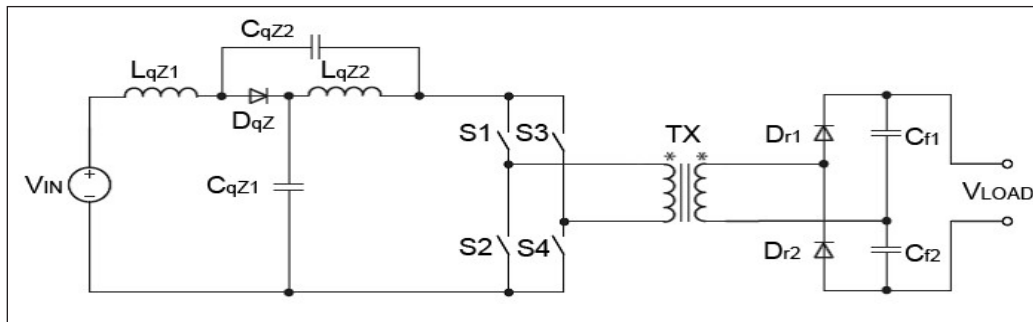


Рис. 1. Схема квазі-імпедансного DC-DC перетворювача

Таблиця 2

Результати моделювання у разі зміни ємності Cf1 (Cf2)

Відхилення C_f (в % від ном.)	-75	-50	-10	0	+10	+50	+75
U_c , В	198,6	197,9	204,7	205,4	205,9	206,9	207
t_{imp} , мс	11,3	10,35	10,3	10,5	10,4	10,3	10,3

Таблиця 3

Результати моделювання у разі зміни опору Ron

Відхилення R_{on} (в % від ном.)	-75	-50	-10	0	+10	+50	+75
U_c , В	214,5	211,4	206,6	205,4	204,2	199,8	197
t_{imp} , мс	10,3	10,3	10,3	10,5	10,4	10,4	10,4

Для активних елементів, таких як польові, біполярні транзистори та діоди, основними видами несправності є обрив, коротке замикання, втрата керованості [3].

Для резисторів основними видами несправності є обрив та відхилення опору від номіналу, для конденсаторів – пробій, обрив, зміна ємності, збільшення внутрішнього опору. Зміна номінальної ємності відбувається через старіння діелектрика, попадання на нього вологи, перегріву, деформації, підвищення струму витoku через погіршення ізоляції. Дроселі можуть мати такі несправності, як обрив проводу в місцях припайки до контактних пелюсток, внутрішній обрив намотувального дроту, коротке замикання витків, зміна номінального значення індуктивності.

Задача виявлення аварійних станів перетворювача досить успішно вирішується різними способами [4], однак виявлення передаварійного стану внаслідок виходу параметрів його елементів за допустиму межу є складнішою задачею, яка передбачає глибокий аналіз схеми досліджуваного перетворювача в різних режимах роботи та за різних значень параметрів.

Постановка завдання. Метою цієї статті є дослідження та визначення несправностей, що викликані відхиленням параметрів елементів

DC-DC перетворювача з квазі-імпедансною ланкою за допустимі межі, для вчасного виявлення передаварійних режимів роботи перетворювача.

Виклад основного матеріалу. Перетворювачі з квазі-імпедансною (КІ) ланкою знаходять застосування в системах з альтернативними джерелами енергії для перетворення вихідної напруги цих джерел у постійну напругу із заданими параметрами. Вони характеризуються широким діапазоном регулювання вхідної напруги, відсутністю стрибків вхідного струму, високою завадостійкістю [5]. Перетворювач (рис. 1) містить джерело постійної напруги (V_{IN}), мостовий гальванічно-ізолюваний DC-DC перетворювач, на вході якого знаходиться квазі-імпедансна ланка (qZS) з двох конденсаторів C_{qZ1} та C_{qZ2} , двох індукторів L_{qZ1} та L_{qZ2} і діода D_{qZ} , інвертор, побудований на чотирьох МОН-транзисторах S1-S4, ізоляційний трансформатор TX та подвоювач напруги з двох діодів D_{r1} та D_{r2} і двох конденсаторів C_{f1} та C_{f2} .

Модель квазі-імпедансного DC-DC перетворювача реалізована в пакеті розгалуження математичної системи MATLAB R2014a – Simulink R2014a. Як діагностичну інформацію про стан перетворювача пропонується використовувати діаграми напруги вторинної обмотки трансформатора.

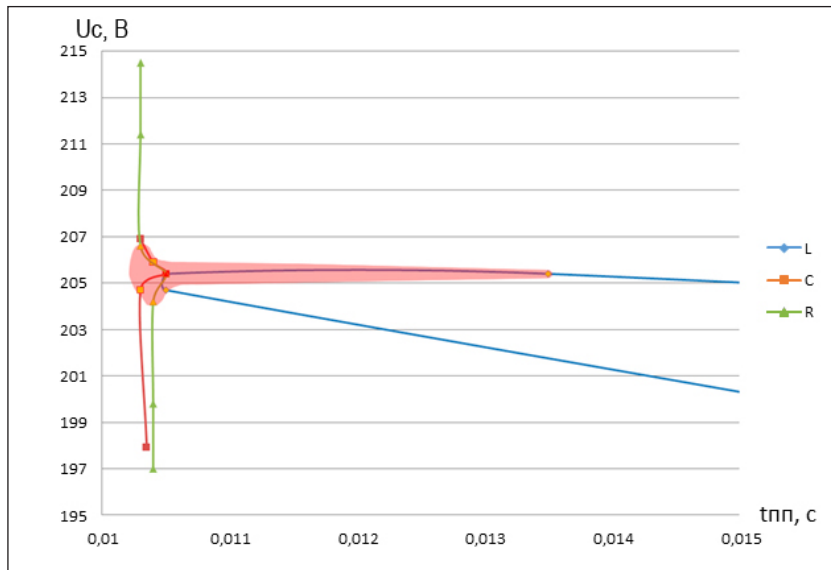


Рис. 2. Зміна напруги U_c та часу $t_{пп}$ у разі зміни параметрів перетворювача (заштрихована зона відповідає сфері безаварійної роботи за одночасної зміни параметрів на $\pm 10\%$)

Часові діаграми напруги вторинної обмотки трансформатора ТХ наведено в табл.1.

У табл. 1–3 наведено обчислені за діаграмами середні значення випрямленої напруги навантаження в усталеному режимі та час перехідного процесу за різних параметрів індуктивності L_{qz} (табл. 1), ємності C_f (табл. 2) та опору R_{on} транзисторів (табл. 3). Діаграма для справної роботи перетворювача (відхилення від номінальних значень параметрів відсутнє) отримана за таких параметрів моделі $V_{IN}=15$ В; $L_{qZ1}=L_{qZ2}=0,5$ мкГн, $C_{qZ1}=C_{qZ2}=26,4$ мкФ; $C_{f1}=C_{f2}=2,2$ мкФ.

Аналіз результатів. На рис. 2 наведено криві зміни напруги U_c та часу $t_{пп}$ у разі зміни параметрів перетворювача L_{qz1} (L_{qz2}), C_{f1} (C_{f2}), R_{on} згідно з табл. 1–3 та відмічені точки, що відповідають межі безаварійної роботи (у цьому разі прийнято $\pm 10\%$ від номінального значення). Як видно з рис. 2, ці два параметри однозначно характеризують тип несправності.

У табл. 4 наведено графіки залежності середнього значення випрямленої напруги та часу перехідного процесу від значення параметрів L_{qz1} (L_{qz2}), C_{f1} (C_{f2}), R_{on} .

Припустимо, що одночасно змінюється лише один з трьох параметрів схеми перетворювача. Тоді за результатами моделювання та за вимірними значеннями напруги U_c та часу $t_{пп}$ можна знайти поточне значення цього параметра і визначити, чи наближається він до заданої допустимої межі.

Наприклад, якщо змінюється лише індуктивність, результати вимірювання такі: $U_c=200$ В,

$t_{пп}=30$ мс. За графіками табл. 4 (перший рядок) визначається значення $L_{qz}=0,8$ мкГн. Якщо допустима межа відхилення становить 10% від номінального значення, тобто критичне значення індуктивності є рівним $L_{qz}=0,55$ мкГн, то обчислене значення $0,8$ мкГн вказує на несправність дроселя.

Зазначимо, що вимірювання одного показника (напруги U_c або часу $t_{пп}$) є недостатнім. У наведеному прикладі вимірюваному значенню $U_c=200$ В відповідають дві точки на графіку табл. 4 (перший рядок) – $L_{qz}=0,4$ мкГн та $L_{qz}=0,8$ мкГн, і тільки значення показника $t_{пп}=30$ мс дає змогу однозначно визначити, що $L_{qz}=0,8$ мкГн.

Більш складним варіантом є одночасна зміна декількох параметрів, наприклад, L_{qz1} (L_{qz2}), C_{f1} (C_{f2}), R_{on} у межах $\pm 10\%$.

Для опису функції трьох змінних доцільно застосовувати метод Брендона [6], заснований на обробці експериментальних даних. Згідно з алгоритмом Брендона функція кількох змінних визначається як:

$$\hat{y}(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_0 \prod_{i=1}^n f_i(x_i), \quad (1)$$

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_u y_{mu}, \quad (2)$$

де $f_i(x_i)$ – емпіричні функції регресії, N – об'єм вибірки.

Значення b_0 розраховується як середнє значення напруги U_c у діапазоні $\pm 10\%$ зміни кожного параметра (див. табл. 5):

$$b_0 = \frac{1}{27} \sum_{j=1}^{27} y_j = 205,11.$$

У табл. 5 позначено x_1 – опір R_{on} MOSFET, x_2 – ємність C_{f1} , x_3 – індуктивність L_{qz1} .

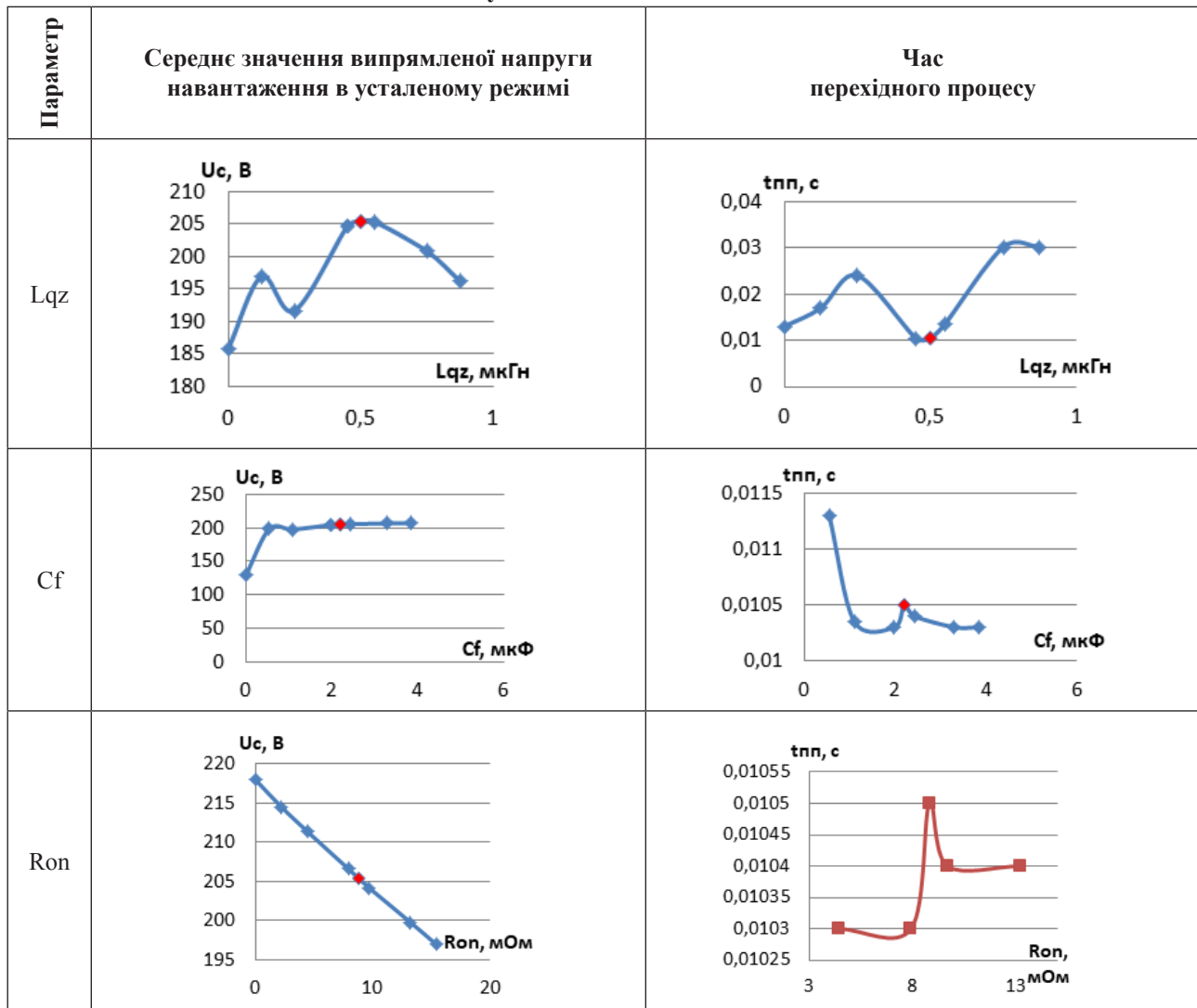
Експериментальні дані показують, що залежності U_c від значення параметрів x_1 - x_3 на ділянці $\pm 10\%$ є лінійними і можуть бути описані рівнянням типу:

$$U_c(x_i) = ax_i + b.$$

Використовуючи метод найменших квадратів, знаходимо коефіцієнти a та b для кожного з параметрів [7].

Для опору R_{on} : $a=-0,00625$ та $b=1,056$. Похибка дорівнює $0,0005$ для значень опору $7,92$ мОм та $0,0001$ для $9,68$ мОм.

Результати моделювання



Таблиця 5

Експериментальні значення U_c (В) за різних сполучень параметрів

$x_1 \backslash x_2 \backslash x_3$	0,45 мкГн			0,5 мкГн			0,55 мкГн		
	1,98 мкФ	2,2 мкФ	2,42 мкФ	1,98 мкФ	2,2 мкФ	2,42 мкФ	1,98 мкФ	2,2 мкФ	2,42 мкФ
7,92 МОм	205	206	206,4	205,9	206,56	207	205,9	206,75	207
8,8 МОм	204,1	204,75	205,2	204,8	205,4	205,8	204,8	205,4	205,8
9,68 МОм	203,1	203,57	204	203,7	204,24	204,6	203,7	204,26	204,65

Для ємності $Cf1$: $a=0,0114$ та $b=0,976$. Похибка в межах досліджуваних даних не була встановлена.

Для індуктивності $Lqz1$: $a=0,03$ та $b=0,985$. Похибка актуальна для значень індуктивності

0,45 мкГн, 0,5 мкГн та 0,55 мкГн. Вона дорівнює 0,0005, 0,001 та 0,0005 відповідно.

Відповідно до методу Брендона залежність вихідної напруги від таких параметрів, як опір

R_{op} , індуктивність L_{qz1} та ємність C_{f1} , математично записується таким чином:

$$U_c = 205,11 \cdot (1,056 - 0,00625R_{on}) \cdot (0,0114C_{f1} + 0,976) \cdot (0,03L_{qz1} + 0,985). \quad (3)$$

Максимальна похибка визначення U_c становить 0,35%.

За формулою (3) можна розрахувати вихідну напругу DC-DC перетворювача без залучення програм моделювання.

Визначення аналогічної залежності для часу перехідного процесу є складнішою задачею внаслідок його нелінійної залежності від параметрів елементів схеми. Для приблизної оцінки пропонується визначати час перехідного процесу для кожного сполучення параметрів схеми (табл. 5) як максимальний з множини отриманих.

На площині U_c і t_{mn} (рис. 2) обчислені значення визначають сферу безаварійної роботи за одночасної зміни параметрів на $\pm 10\%$.

Висновки. Запропонований спосіб визначення несправності в DC-DC перетворювачі передбачає оцінку стану перетворювача за двома параметрами – за середнім значенням випрямленої напруги навантаження в усталеному режимі та часом перехідного процесу за різних параметрів елементів. Припущення, що одночасно змінюється лише один з параметрів схеми, дає змогу за значеннями двох зазначених вище діагностичних параметрів визначити поточне відхилення параметра від номінального значення. Для випадку одночасної зміни декількох параметрів формується сфера безаварійної роботи, вихід за межі якої свідчить про появу несправності.

Список літератури:

1. Аллюминиевые электролитические конденсаторы. URL: http://www.platan.ru/docs/library/ALCAP_EPCOS.pdf (дата звернення: 05.09.2018).
2. Голембиовский Ю.М., Пеньков Б.С. Аварийные режимы преобразовательной сети, построенной на базе инверторов напряжения. *Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»*. 2004. Ч. 3. С. 31–34.
3. Ключев В.В., Пархоменко П.П., Абрамчук В.Е. и др. Технические средства диагностирования: справочник / под общ. ред. В.В. Ключева. М.: Машиностроение, 1989. 672 с.
4. Бондаренко В.М., Редковец С.Н. Методы диагностики электрических цепей. К., 1985. 44 с.
5. Liivik L. Semiconductor Power Loss Reduction and Efficiency Improvement Techniques for the Galvanically Isolated Quasi-Z-Source DC-DC Converters. 2015. URL: <https://digi.lib.ttu.ee/i/?2519> (дата звернення: 05.09.2018).
6. Ивахненко А.Г. Индуктивные методы самоорганизации моделей сложных систем. К.: Наук. думка, 1975. 287 с.
7. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. Изд. 2-е. М., 1962.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Обеспечение безаварийной работы оборудования с полупроводниковыми преобразователями требует решения задачи своевременной идентификации неисправностей элементов полупроводниковых преобразователей. Рассмотрен способ определения неисправностей DC-DC преобразователя с квази-импедансным звеном, вызванных выходом параметров элементов за допустимые пределы. Идентификация типа неисправности выполняется по критериям среднего значения на основе данных о выпрямленном напряжении нагрузки в установившемся режиме и времени переходного процесса, полученным при моделировании работы преобразователя в исправном режиме и при различных неисправностях. Рассмотрен вопрос определения области безаварийной работы при одновременном изменении нескольких параметров схемы.

Ключевые слова: идентификация неисправностей, диагностика преобразователей, DC-DC преобразователь с квази-импедансным звеном.

DEFINING MALFUNCTIONS OF SEMICONDUCTOR CONVERTERS' ELEMENTS

Providing fault-free equipment with semiconductor converters operation requires solution of timely identification of semiconductor converters' elements malfunctions. The method for defining DC-DC converter's malfunctions with quasi-impedance link, which are caused by elements' parameters deviation out of the allowed limit. The method is based on converter's operation modeling in normal mode and during various malfunctions and further processing of received data. The malfunction type identification is performed on the basis of the average values based on the data on the rectified voltage in the steady state and the time of the transient process, obtained during the simulation of the converter operation in normal state and in case of various malfunction. The problem of defining fault-free operation area during simultaneous change of layout's parameters is reviewed.

Key words: malfunctions identifications, diagnostics of converters, DC-DC converter with quasi-impedance link.

УДК 57.087

Удовиченко Є.Є.Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Попов А.О.**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Чайковський І.А.**

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова Національної академії наук України

МУЛЬТИКЛАСОВА КЛАСИФІКАЦІЯ КАРТ РОЗПОДІЛУ ГУСТИНИ СТРУМУ У МІОКАРДІ

Магнітокардіографія (МКГ) – одна з основних методик визначення стану серця і діагностики серцево-судинних захворювань. Основною перевагою МКГ є наявність багатовимірних даних про роботу серця, що дає змогу застосовувати більш складні методи аналізу даних для діагностики. У роботі розглянуто представлення даних у вигляді дискретних зображень – карт розподілу густини струму. Оглянуто та реалізовано три методи мультикласової класифікації таких карт: k -NN, метод опорних векторів, дерева прийняття рішень. Є результати застосування класифікаторів до 880 карт розподілу густини струму, було отримано такі показники: точність класифікації для всіх класифікаторів: 0,55–0,7, специфічність: 0,93–0,97, селективність: 0,18–0,39.

Ключові слова: магнітокардіографія, карти розподілу густини струму, діагностика серцево-судинних захворювань, міокард, k -NN, метод опорних векторів, дерева прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Магнітокардіографія є одним з найпрогресивніших інструментів для діагностики і дослідження серцевих захворювань, наприклад, таких як ішемічна хвороба серця. Завдяки тому, що магнітокардіографія є неінвазивним безконтактним методом з високою чутливістю, вона є ефективним і зручним у використанні для лікаря інструментом діагностики [1]. Аналіз МКГ-даних використовується для діагностики ішемічної хвороби серця [2], синдрому Вольфа-Паркінсона-Уайта [3] та інших захворювань. Карта розподілу струмів у серці, що включає в себе морфологічну інформацію про серце, може бути отримана шляхом проектування двовимірної (2-D) карти векторів, що розраховується з сигналів магнітокардіографа, на тривимірну (3-D) стандартну модель серця, що є спільною для всіх дорослих людей [4].

Для візуалізації густини струму перш за все вимірюється вектор локального магнітного поля, згенерованого струмом, що протікає всередині тканини, і знаходиться ротор цього поля для розрахунку щільності струму. Магнітне поле вимірюється за допомогою SQUID, така методика є за своєю суттю неінвазивною і безконтактною, що запобігає виникненню артефактів, пов'язаних з

недостатньою надійністю контактів між електродами і шкірою. Таким чином, за умови подальшого розв'язання оберненої задачі можна точно отримати детальну інформацію про щільність струму всередині тіла з подальшою її візуалізацією.

Постановка завдання. Задачею дослідження є оцінка різних методів класифікації під час їх застосування для аналізу карт розподілу густини струму й автоматизованої постановки діагнозу на основі такого аналізу.

1. Підготовка даних

1.1 Формування карт розподілу густини струму (CDDM) з МКГ-даних.

Одним із підходів до вивчення магнітного поля у серці людини є аналіз карт розподілу густини струму. Для просторової реєстрації даних у магнітокардіографії використовуються спеціальні точки, що є вузлами перетину квадратної сітки, що мають прив'язку до анатомічних орієнтирів на грудній клітці. Оскільки кількість вузлів обмежена, для локалізації областей патологічної активності міокарда і для побудови миттєвих карт розподілу магнітного поля у серці застосовується інтерполяція функції двох змінних у точках за межами стандартної сітки. Іншими словами, ґрунтуючись на усереднених МКГ кривих,

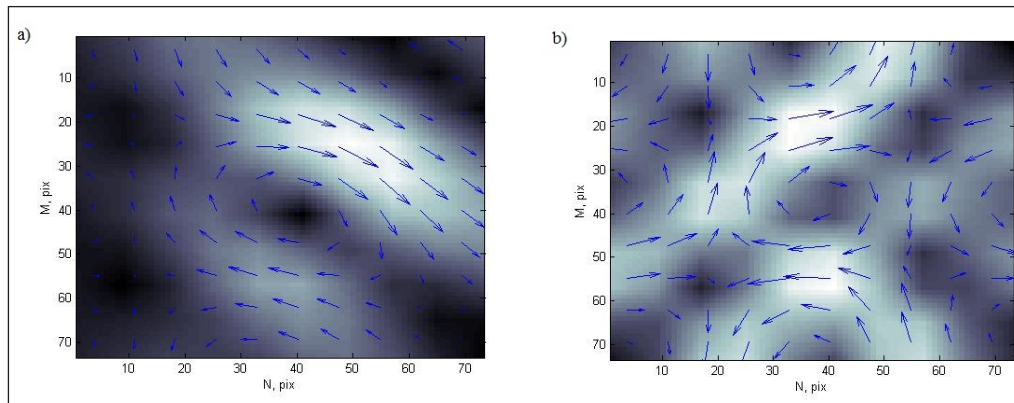


Рис. 1. Карта розподілу густини струму здорової людини (а) та хворого на ішемічну хворобу серця (б)

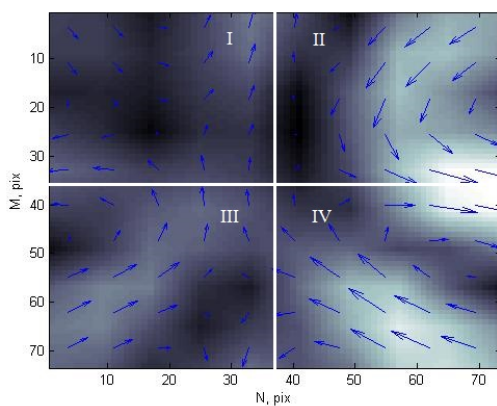


Рис. 2. Карта розподілу густини струму

використовуючи алгоритми двовимірної інтерполяції, будуються миттєві карти розподілу магнітного поля. Потім, застосовуючи алгоритм розв'язки оберненої задачі, карти розподілу магнітного поля можуть бути перетворені на миттєві карти розподілу густини струму (CDDM). Таким чином, кожна CDDM формується шляхом обробки векторів густини струму, отриманих за допомогою МКГ. Кожна CDDM – це дискретне зображення у відгінках сірого розміром $M \times N$ пікселів, у якому білий колір відповідає найбільшій яскравості (рис. 1). Таким чином, яскравість зображення відповідає величині густини струму у відповідній точці. CDDM будуються для визначених моментів часу з деяким кроком (до 10 мс) протягом Т-зубця QT – інтервалу електрокардіограми. Це дає можливість зіставлення даних електрокардіографії (ЕКГ) з відповідними значеннями, порашованими з карт розподілу густини струму [5].

1.1. Формування характеристик карт розподілу густини струму в міокарді

У цьому дослідженні кожна CDDM ділиться на чотири рівні частини (чверті), як показано на рис. 2. Кожен елемент CDDM має два параметри: яскравість, що відповідає густині струму у відповідній точці, та кут вектора магнітного поля в кожній точці. Для цих двох наборів даних у кожній чверті були обчислені такі характеристики: середнє значення елементів, дисперсія, ексцес та асиметрія елементів.

Оскільки кожна CDDM ділиться на чотири частини, для яких обчислюються вісім значень (чотири для яскравості і чотири для кутів), кожна карта описується 32-ма характеристиками.

2. Опис методик класифікації

У цьому дослідженні було використано три методики класифікації різної міри складності: k-NN, SVM і дерева прийняття рішень.

2.1. k-NN

Одним із методів класифікації є правило k-найближчих сусідів (k-NN). Він класифікує кожен новий об'єкт відповідно до групи більшості своїх k-найближчих сусідів у навчальній вибірці. Незважаючи на свою простоту, метод k-NN часто дає непогані результати, а в певних областях, особливо у правильній комбінації з попередньою обробкою даних, точність класифікації з допомогою цього методу є досить високою.

Результат класифікації з допомогою k-NN істотно залежить від метрики, використовуваної для обчислення відстаней між різними векторами ознак. У [6] показано, що використання різних метрик для k-NN класифікації зменшувало частоту помилок у разі використання класифікації для вирішення різних завдань, таких як розпізнавання облич, розпізнавання усного мовлення, категоризація текстів тощо. У тому ж дослідженні було показано, що класифікатор k-NN з правильно підбраною метрикою показує кращі результати

навіть порівняно з SVM, що використовувався для тих же завдань класифікації. У попередніх роботах [7, 8] було використано k-NN класифікатор з різними метриками для завдання класифікації CDDM людей з різним станом серцево-судинної системи.

Розглянемо X як вектор характеристик CDDM розмірністю 1 на 32, що класифікується, а Y як вектор характеристик кожної CDDM у навчальній вибірці. У нашому дослідженні були побудовані k-NN класифікатори з чотирма різними метриками. Для класифікатора з евклідовою метрикою відстань між двома точками X_s і Y_t , координатами яких є значення X і Y відповідно, визначається таким чином:

$$d_{st}^2 = (x_s - y_t)(x_s - y_t)' \quad (1)$$

Для метрики Махаланобіса це значення визначається таким чином:

$$d_{st}^2 = (x_s - y_t)C^{-1}(x_s - y_t)', \quad (2)$$

де C – матриця коваріації.

Для метрики міських кварталів:

$$d_{st} = \sum_{j=1}^n |x_{sj} - y_{tj}|, \quad (3)$$

де n – довжина векторів X та Y , котра у нашому разі дорівнює 32 – кількості характеристик.

Для метрики Чебишева:

$$d_{st} = \max_j \{|x_{sj} - y_{tj}|\}. \quad (4)$$

2.2. Метод опорних векторів (SVM)

Основна ідея методу – переведення вихідних векторів у простір більш високої розмірності і пошук розділяючої гіперплощини з максимальним зазором у цьому просторі. Дві паралельні гіперплощини будуються по обидва боки гіперплощини, що розділяє класи. Розділяючою гіперплощиною буде гіперплощина, що максимізує відстань до двох паралельних гіперплощин. Алгоритм припускає, що чим більша різниця або відстань між цими паралельними гіперплощинами, тим менше буде середня помилка класифікатора.

Метод опорних векторів – метод бінарної класифікації, тому кожна точка може належати лише одному з двох класів. Тоді можна припустити, що точки мають вигляд $\{(x_1, c_1), (x_2, c_2), \dots, (x_n, c_n)\}$, де c_i приймає значення 1 або -1 залежно від того, до якого класу належить точка. Тоді рівняння розділяючої гіперплощини матиме вигляд:

$$w \cdot x_i - b = 0, \quad (5)$$

де вектор w – перпендикуляр до розділяючої гіперплощини.

Проблема побудови оптимальної розділяючої гіперплощини зводиться до мінімізації $\|w\|$ за умови

$c_i (w \cdot x_i - b) \geq 1, 1 \leq i \leq n$, оскільки потрібно виключити з полоси між гіперплощинами всі точки.

За теоремою Куна-Таккера ця задача еквівалентна двоїтій задачі знаходження сідлової точки функції Лагранжа, котра, своєю чергою, зводиться до еквівалентної задачі квадратичного програмування, котра містить лише двоїсті змінні:

$$\begin{cases} -L(\lambda) = -\sum_{i=1}^n \lambda_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j c_i c_j (x_i \cdot x_j) \rightarrow \min_{\lambda} \\ \lambda_i \geq 0, \quad 1 \leq i \leq n \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i c_i = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Після розв'язання такої задачі стає можливим знаходження w і b :

$$w = \sum_{i=1}^n \lambda_i c_i x_i \quad (7)$$

$$b = w \cdot x_i - c_i, \quad \lambda_i > 0 \quad (8)$$

Вищенаведені формули справедливі для лінійної класифікації. Однак у цьому дослідженні було побудовано ще класифікатори на основі ядрових функцій, суть котрих полягає у заміні кожного скалярного добутку на нелінійну ядрову функцію. Зокрема, були використані такі ядрові функції:

Многочленна (2 і 3 порядку): $k(x_i, x_j) = (x_i \cdot x_j)^d$

Радіальна базисна функція Гаусса:

$$k(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{x_i - x_j^2}{2\sigma^2}\right)$$

Оскільки метод опорних векторів використовується для бінарної класифікації, для мультикласової класифікації було використано підхід один-проти-одного, за якого класифікація здійснюється за стратегією голосування «максимум перемагає», в якій кожен з бінарних класифікаторів відносить зразок до одного з двох класів, тоді голос за призначений клас збільшується на одиницю, остаточно клас із більшістю голосів визначає класифікацію зразка.

2.3. Дерева прийняття рішень

Бінарні дерева також називають двійковими, значить, що кожен вузол дерева у розбитті має тільки двох нащадків. Для побудови бінарного дерева прийняття рішення використовується метод CART. На кожному кроці побудови дерева правило, що формується у вузлі, ділить задану множину зразків на дві частини: частина, в якій виконується правило (правий нащадок), і частина, в якій правило не виконується (лівий нащадок). Для вибору правила розбиття на кожному кроці використовується оціночна функція якості моделі розбиття. За методом CART шукається такий варіант розбиття, за якого мінімальним буде значення такої функції:

$$Gini_{split} = N - \left(\frac{1}{L} \sum_{i=1}^n l_i^2 + \frac{1}{R} \sum_{i=1}^n r_i^2 \right), \quad (9)$$

де N – число елементів у вузлі-попереднику, L , R – число елементів відповідно в лівому

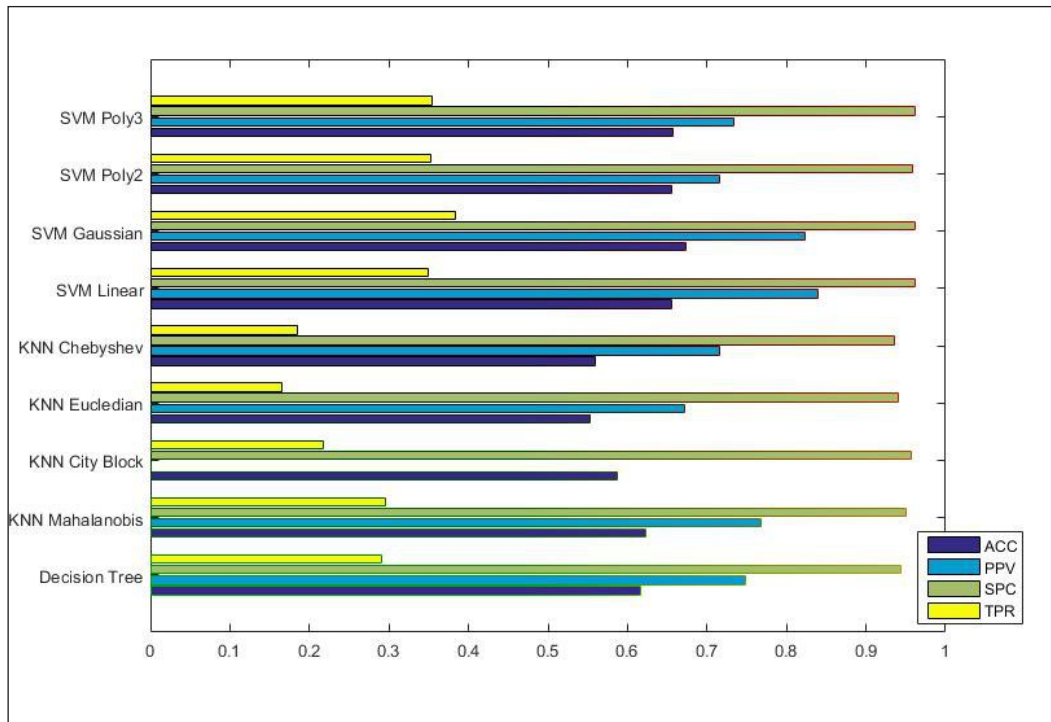


Рис. 3. Параметри, що характеризують якість класифікації для кожного з класифікаторів

і правому нащадку, l_i і r_i – число елементів i -го класу в лівому/правому нащадку.

3. Експериментальні результати

У цьому дослідженні було використано 880 карт розподілу густини струму, по 80 для кожної з 11 груп стану серця, причому половина карт була використана для тренування класифікаторів і половина – для перевірки якості класифікації. Ці класи: здорові добровольці, спортсмени, хворі на ішемічну хворобу серця різного рівня складності (де IBS-1 – найлегший випадок хвороби, а IBS-3 – найтяжчий), пацієнти з ушкодженнями міокарда, жінки і чоловіки, хворі на мікросудинні (дифузні) розлади та хворі на гіпертрофію лівого шлуночка різного рівня складності (де Нурег-1 – найлегший випадок хвороби, а Нурег-3 – найтяжчий). Кожна з груп характеризується специфічною структурою карт розподілу густини струму. Для оцінки класифікації були розраховані такі параметри: чутливість (TPR), специфічність (SPC) і точність (PPV і ACC). Ці параметри визначаються таким чином:

$$TPR = \frac{TP}{P} \quad (10)$$

$$SPC = \frac{TN}{N} \quad (11)$$

$$PPV = \frac{TP}{TP + FP} \quad (12)$$

$$ACC = \frac{TP + TN}{P + N} \quad (13)$$

Де TP – кількість CDDM людей, що належать до «позитивного» класу, визначених правильно, TN – кількість CDDM людей, що належать до «негативного» класу, визначених правильно, P – загальна кількість CDDM людей, що належать до «позитивного» класу, N – загальна кількість CDDM людей, що належать до «негативного» класу. Ці формули були застосовані в оцінці класифікатора для кожної з груп станів серця, а потім були порашовані усереднені значення для кожного класифікатора (рис. 3).

Як видно з рис. 3, точність класифікації для всіх класифікаторів лежить у межах 0,55–0,7. При цьому найнижчою є точність класифікації з допомогою k-NN класифікаторів. Незалежно від обраної метрики вона є нижчою за точність класифікації з допомогою SVM і лиш використання метрики Махаланобіса дає змогу отримати дещо кращий результат порівняно з класифікацією за допомогою дерев прийняття рішень. Окрім того, слід зазначити, що специфічність для всіх класифікаторів є досить високою, а саме 0,93–0,97. Це свідчить про те, що всі класифікатори добре справляються із задачею класифікації зразків, що є «негативними», тобто не належать до класу, який є «позитивним» для кожної окремо взятої класифікації. Водночас селективність усіх класифікаторів є доволі низькою: вона варіюється від

0,18–0,3 для k-NN класифікаторів до 0,35–0,39 для SVN, що свідчить про проблеми саме з класифікацією зразків, котрі належать до «позитивного» класу у кожній класифікації. Як результат якраз це і впливає на зниження підсумкової точності класифікації.

Висновки. Як видно з результатів оцінки різних класифікаторів, точність класифікації є не досить високою – залежно від типу класифікатора вона варіюється від 0,55 до 0,65. При цьому характерним є те, що всі класифікатори мають доволі високу специфічність і низьку селективність. Це свідчить про те, що такі класифікатори не досить підходять для задач класифікації карт

розподілу густини струму. Однак у попередніх роботах було показано, що деякі із застосованих у цьому дослідженні класифікаторів непогано проявили себе у разі бінарної класифікації [7; 8]. Можливими шляхами покращення точності мультикласової класифікації є використання інших характеристик карти, котрі використовуються для класифікації, або використання іншого, комплексного методу мультикласової класифікації, наприклад методу класифікації, оснований на кореляційному аналізі. З допомогою запропонованого методу вдалося досягнути точності класифікації у 95% для випадку розподілу карт на 14 класів [9].

Список літератури:

1. Chaikovsky I. et al. "Magnetocardiography in clinical practice: algorithms and technologies for data analysis". Medical Science 3–4, June 2011. pp. 21–38.
2. Tsukada K. et al. "Magnetocardiographic mapping characteristic for diagnosis of ischemic heart disease". Computers in Cardiology 2000. Cambridge, MA. Sept. 2000. pp. 505–508.
3. Geselowitz, David B. "Magnetocardiography: an overview". IEEE Transaction on Biomedical Engineering. Vol. BME-26. Sept. 1979. pp. 497–504.
4. Ogata K. et al. "Projecting cardiac-current images onto a 3-D standard heart model". Engineering in Medicine and Biology Society. 2003, Vol. 1. Sept. 2003. pp. 517–520.
5. Udovychenko Y., Popov A., Chaikovsky I. "Effective Surface Area of Current Density Distribution Maps". Electronics and Communications 2014, Vol. 19. No5(82). pp. 68–72.
6. Kilian Q. Weinberg, et al. "Distance Metric Learning for Large Margin Nearest Neighbor Classification". Journal of Machine Learning Research 10 (2009). Sept. 2009. pp. 207–244.
7. Udovychenko Y., et al. "k-NN Binary Classification of Heart Failures Using Myocardial Current Density Distribution Maps". Signal Processing Symposium (SPSymo). June 2015, pp. 98–102.
8. Udovychenko Y., Popov A., Chaikovsky I. "Binary Classification of Heart Failures Using k-NN with Various Distance Metrics". International Journal of Electronics and Telecommunications. 2015. vol. 61. no. 4. pp. 339–344.
9. Удовиченко С., Попов А., Чайковский І. Метод класифікації карт розподілу густини струму в міокарді, оснований на кореляційному аналізі. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. 2018, том 29 (68), № 3.

МУЛЬТИКЛАССОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАРТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТОКА В МИОКАРДЕ

Магнитокардиография (МКГ) – одна из основных методик определения состояния сердца и диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Основным преимуществом МКГ является возможность предоставления данных, полученных с ее помощью в виде многомерных массивов. Это, в свою очередь, дает возможность применять более сложные методы анализа данных для диагностики. В работе рассмотрено предоставление данных в виде дискретных изображений – карт распределения плотности тока. Представлен обзор методов мультиклассовой классификации таких карт, а также представлена оценка эффективности каждого из классификаторов.

Ключевые слова: магнитокардиография, карты распределения плотности тока, диагностика сердечно-сосудистых заболеваний, миокард, k-NN, метод опорных векторов, деревья принятия решений.

MULTICLASS CLASSIFICATION OF CURRENT DENSITY DISTRIBUTION MAPS

Magnetocardiography (MCG) is one of the main methods for determining the heart state and diagnosis of cardiovascular diseases. The main advantage of MCG is ability to represent the data obtained with this technique in the form of multidimensional arrays. This, in its turn, makes it possible to apply more sophisticated data analysis methods for diagnostics. The paper considers the representation of data in the form of discrete images – current density distribution maps. An overview of the methods of multiclass classification of such maps is presented, as well as an assessment of the efficiency of each classifier.

Key words: magnetocardiography, maps of current density distribution, cardiovascular disease diagnostics, myocardium, k-NN, method of reference vectors, decision tree.

УДК 004.942

Яненко М.В.

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

Попов А.О.

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

ВИЗНАЧЕННЯ РУХУ ПАЛЬЦЯМИ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОКОРТИКОГРАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПАРАМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У роботі представлено застосування параметричної моделі мозкової активності з використанням машинного навчання для виявлення факту наявності руху пальцями для застосування в нейрокомп'ютерних інтерфейсах.

Представлений підхід на основі побудови параметричної моделі авторегресії-усереднення зі зсувом із попереднім вибором основного каналу та застосуванням моделі машинного навчання із вчителем «багатошарова нейронна мережа», за допомогою якого відбувається визначення руху будь-яким пальцем. У результаті отримується клас фрагмента сигналу, що вказує на рух або відсутність руху пальцями. У результаті використання запропонованого підходу точність класифікації становить 95,5%. Для моментів без руху істинно позитивне визначення становить 91,0%, для моментів з рухом 100%. Запропонований підхід є новим і може бути використаний для створення інтерфейсів мозок-комп'ютер.

Ключові слова: машинне навчання, інтерфейс мозок-комп'ютер, електрокортикограма, параметричне моделювання, класифікація, визначення рухів пальцями.

Постановка проблеми. Наявний певний спектр задач зі створення інтерфейсів мозок-комп'ютер, в якому є достатнім визначення самого факту дії без конкретизації. Наприклад, виклик медсестри або лікаря за рухом пальців для паралізованих пацієнтів, надання відповіді на прості запитання, на які можлива відповідь так/ні, або для контролювання рухової активності мозку. Тому задача визначення факту руху пальців буде розглянута у цій роботі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтерфейс мозок-комп'ютер (Brain Computer Interface – BCI), також відомий як інтерфейс мозок-машина (Brain Machine Interface – BMI), являє собою апаратне і програмне забезпечення системи зв'язку, яка дає змогу людям взаємодіяти з навколишнім світом без участі периферичних нервів і м'язів за допомогою керуючих сигналів, що генеруються на основі електричної активності мозку.

BCI є системою штучного інтелекту, яка може розпізнавати певний набір шаблонів мозкових сигналів у наступних п'яти послідовних етапах, таких як: виявлення сигналу, попередня обробка сигналу, розрахунок ознак, класифікація, інтерфейс управління [1]. Як вхідний сигнал таких систем може бути використана електроміографія [2]

або магнітоенцефалографія [3], проте найчастіше для BCI використовують електроенцефалографічні (ЕЕГ) сигнали, що має низку переваг, таких як неінвазивність, портативність і економічна ефективність. Проте є і низка недоліків, таких як зашумленість і низька роздільна здатність сигналу, тому часто використовують і інші методи отримання сигналів з мозку, зокрема електрокортикографію (Electrocorticalography – ECoG), що використовує електроди, поміщені безпосередньо на відкритій поверхні мозку для запису електричної активності від кори головного мозку [4]. Оскільки трепанація (хірургічний розріз у черепі) є потрібною для імплантації сітки електродів, ECoG є інвазивною процедурою.

BCI створює новий нем'язовий канал для ретрансляції намірів людини до зовнішніх пристроїв, таких як комп'ютери, синтезатори мови, допоміжні прилади і нейронні протези. Це є особливо важливим для осіб з важкими порушеннями рухових функцій [5]. Такий інтерфейс дасть змогу поліпшити якість їхнього життя і призведе водночас до зниження витрат на інтенсивну терапію.

Технологія BCI набула широкого застосування. Було продемонстровано контроль польоту віртуального вертольота за допомогою BCI ЕЕГ [6] та дрона [7]. Створено ігрове поле, де за допомогою

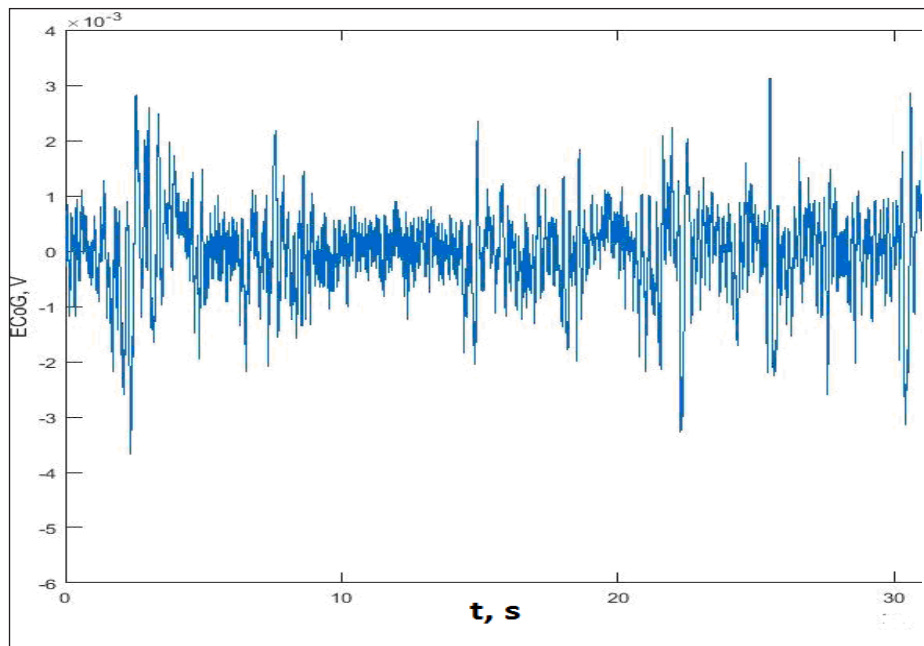


Рис. 1. Сигнал електрокортикограми з одного з електродів

Всі гравець взаємодіє з консоллю без використання контролера. Музика і декорації регулюються залежно від настрою гравця чи судді за його ЕЕГ [8], частоти серцевих скорочень і когнітивних станів, що дає змогу зробити гру більш реалістичною.

Безсумнівно, ВСІ-ЕЕГ є видатною технологією в галузі обробки сигналів і принесе покращення в медицині і нашому житті [9]. Зокрема, така технологія використовується для управління протезами кінцівок на основі ЕЕГ [10]. Для таких систем важливим є розпізнавання рухів кінцівками [11;12], а особливо рухів пальцями. Більшість досліджень зосереджено на передбаченні траєкторії руху пальцями на основі мозкової активності [13].

Постановка завдання. Задачею представленої роботи є визначення факту наявності руху будь-якого пальця або моментів без руху жодного. Ця задача може бути представлена як задача класифікації. Така класифікація є бінарною, оскільки існує лише два класи: 0 – моменти без руху, 1 – моменти з рухом будь-якого пальця.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дані були записані у Вашингтонському Університеті на дев'яти добровольцях, що дали інформовану згоду, імена яких були приховані [14]. Безпосередньо на поверхню мозку помістили масив з електродів (від 48 до 64, по-різному для різних пацієнтів), що записували кортикограму. Під час запису пацієнт здійснював рухи пальцями однієї руки по черзі згідно з вказівками на моніторах.

Координати кожного пальця реєструються з частотою дискретизації в 25 Гц, пізніше дані були інтерпольовані до частоти 1000 Гц. Середня тривалість кожного руху становить 2 секунди, як і тривалість спокою. Всього за час руху було здійснено близько 30 рухів кожним пальцем. Дані ЕКоГ були записані з частотою дискретизації 1000 Гц. Запис проводився протягом 10 хвилин.

Задачею цієї роботи є визначення факту руху будь-яким пальцем, що може бути представлена як задача класифікації. Таким чином, існує два класи: перший клас – відсутність будь-якого руху пальцями, другий клас – рух будь-яким пальцем. На вхід класифікатора подається вектор особливостей, на виході маємо 0 (перший клас) або 1 (другий клас).

Важливим є зменшити розмірність вектора ознак, що зменшить складність навчання класифікатора без зменшення точності. Для цього потрібно визначити електроди, на яких реєструється максимальна рухова активність під час руху пальцями. Наявність рухової активності буде означати збільшення дисперсії сигналу порівняно зі станом спокою [15].

Дисперсія сигналу не може бути оцінена класичним способом, оскільки на записі електроенцефалограми завжди присутня фонові активність, що накладається на рухову. Така активність в мозку людини має меншу амплітуду і присутня завжди, тому важливо відділити її від активності мозку, що виникає внаслідок руху, для подальшої оцінки. Отримані дисперсії компоненти руху для

кожного з електродів можуть бути порівняні з дисперсією без руху.

Для виділення головних компонент, що відповідають за рух пальцями, в роботі запропоновано застосувати метод головних компонент для відрізків сигналу, що відповідають руху пальців та моментам без руху, для кожного з електродів. Метод головних компонент (Principal Component Analysis – PCA) – це статистична процедура, яка використовує ортогональне перетворення для перетворення набору спостережень, можливо, корельованих змінних у набір лінійно некорельованих складників, які називаються основними компонентами. Це перетворення визначається таким чином, що перший основний компонент має найбільшу можливу дисперсію, і кожний наступний компонент, своєю чергою, має найвищу дисперсію, досягнувши у разі обмеження, щоб він був ортогональний до попередніх компонентів. Отримані вектори є некорельованим ортогональним базисом. Основні компоненти є ортогональними, тому що вони є власними векторами коваріаційної матриці, яка є симетричною [16]. Частка дисперсії, яку представляє кожен отриманий власний вектор, може бути обчислена шляхом ділення власного значення, що відповідає цьому власному вектору на суму всіх власних значень [17].

Метод PCA був застосований до відрізків сигналу, що відповідають руху пальців для кожного електроду. Знайшовши власні числа для першого компонента кожного електроду і визначивши електрод з максимальною різницею між дисперсією в момент руху і без руху, виберемо його для подальшого формування вектора особливостей. Вибраний сигнал був відфільтрований у смузі частот 65-200 Гц, оскільки в попередніх дослідженнях [12] було знайдено значну кореляцію між рухами пальців однієї руки з електрокортикограмою в смузі частот 65-200 Гц, куди входить і гамма-ритм.

У результаті було отримано головні компоненти запису ЕкоГ для руху пальців та власні числа, що відповідають їм. Також було знайдено власні числа в моменти без руху.

Для одержання вектора особливостей побудовано параметричну модель, параметри якої в подальшому було використано для класифікації. Як параметричну модель було вибрано модель авторегресій-усереднення зі зсувом. Модель авторегресій-усереднення зі зсувом (autoregressive moving average model, ARMA) – одна з математичних моделей, що використовується для аналізу і прогнозування стаціонарних часових рядів у ста-

тистичі. ARMA-модель узагальнює дві більш прості моделі – модель авторегресій (autoregression, AR) і моделі усереднення зі зсувом (moving-average, MA) [18].

Моделлю ARMA(p, q), де p, q – цілі числа, що задають порядок моделі, називається такий процес генерації часового ряду:

$$X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{j=0}^q \beta_j \varepsilon_{t-j} + \sum_{j=0}^p \alpha_j X_{t-j},$$

де c – константа, ε_t – білий шум, тобто послідовність незалежних і однаково (як правило, нормально) розподілених випадкових величин, з нульовим середнім, α_j і β_j – дійсні числа, авторегресійні коефіцієнти і коефіцієнти усереднення зі зсувом відповідно.

Для визначення моментів руху потрібно вибрати підходящий класифікатор. У цій роботі було вибрано штучну нейронну мережу, оскільки вона може бути розглянута як модель біологічних нейронних мереж нашого мозку. Штучна нейронна мережа – це деяка математична модель, що складається з групи нейронів, що взаємодіють між собою. Кожен нейрон може лише виконувати просту математичну дію та має справу лише з вхідними і вихідними сигналами [19]. Такий нейрон являє собою суматор з ваговими коефіцієнтами, сигнал з якого додається до зміщення і подається на функцію передачі. Вихідний сигнал a визначається згідно з формулою:

$$a = f(wp + b),$$

- де p – вхідний сигнал;
- w – вагові коефіцієнти;
- b – коефіцієнт зміщення;
- $f(x)$ – цільова функція;

Такі нейрони можуть мати декілька вхідних сигналів і таким чином з'єднуються у мережу з декількома шарами нейронів у ній. Кожен шар може мати різну кількість нейронів та мати різну функцію передачі у них.

У роботі було спроектовано двошарову нейронну мережу. У першому шарі функція передачі була вибрана як лог-сігмоїдна, що задається рівнянням [20]:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Другий шар має іншу функцію передачі softmax, що є узагальненою логістичною функцією. Вона дає змогу перерахувати вектор p розмірності K у вектор σ аналогічної розмірності, кожна координата якої представлена числом від 1 до 0 [21]. Координати вектора обчислюються таким чином:

$$\sigma_i = \frac{e^{p_i}}{\sum_{k=1}^K e^{p_k}}$$

У машинному навчанні координати цього вектора означають ймовірність того, що об'єкт належить класу i .

Основна особливість таких мереж – здатність до навчання. У технічному сенсі вона виражається у виборі коефіцієнтів кожного нейрона (w та b). У математичному сенсі процес навчання визначається як задача оптимізації, що зводиться до зменшення похибки між вихідними сигналами та реальними даними з навчальної вибірки. Такий процес називається навчанням із вчителем.

У разі використання функції softmax для оцінки похибки використовують перехресну ентропію [22], що і була використана в цій роботі.

$$H(T, q) = -\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \log_2 q(x_i),$$

де T – дані для навчання, N – розмір даних для навчання, $q(x_i)$ – ймовірність події.

Для розв'язання таких задач використовують низку методів, серед них і градієнтні. У цій роботі було використано метод спряжених градієнтів.

Вибірка вхідних даних була сформована з рівною кількістю прикладів для двох класів. Дані були перемішані у випадковому порядку. Для навчання нейронної мережі було використано 70% початкової вибірки, 30% – для тестування.

Результати класифікації тестової вибірки представимо у вигляді матриці невідповідності.

На рисунку 2 зображено матрицю невідповідності для цієї задачі. Рядки матриці відповідають класифікованим класам, стовпці – реальним класам, головна діагональ – правильно визначені класи. Числа поза діагоналлю відповідають неправильно визначеним прикладам. Зелені цифри в крайньому лівому стовпчику відповідають параметру позитивної прогностичної цінності (positive predictive value – PPV), червоні – складності неправильного визначення (false discovery rate – PDR) для кожного класу. Зелені цифри у нижньому рядку – істинно позитивне визначення

Output Class	1	1016 45.5%	0 0.0%	100% 0.0%
	2	100 4.5%	1116 50.0%	91.8% 8.2%
		91.0% 9.0%	100% 0.0%	95.5% 4.5%
		1	2	
		Target Class		

Рис. 2. Матриця невідповідності для шестикласової класифікації

(true positive rate – TPR), червоні – помилково позитивне визначення (false negative rate FNR). Нижня права клітинка – загальна точність (зелені цифри) та загальна похибка (червоні цифри).

Висновки. Застосування параметрів ARMA моделі до сигналу рухової активності мозку з попереднім вибором відведення для класифікації за допомогою PCA дає змогу визначити як факт руху будь-яким пальцем.

Точність визначення наявності руху пальця становить 95.5%, при цьому для моментів без руху істинно позитивне визначення становить 91.0%, для моментів з рухом – 100%. У подальшому цей принцип може бути застосований для створення інтерфейсів мозок–комп'ютер іншого типу.

Список літератури:

1. Pfurtscheller G., Gernot R. Müller-Putz. "Rehabilitation with Brain-Computer Interface Systems", IEEE Computer Society. 2008. Vol 41. P. 58–65.
2. Christoph Reichert, Stefan Dürschmid, Hans-Jochen Heinze, Hermann Hinrichs. A Comparative Study on the Detection of Covert Attention in Event-Related EEG and MEG Signals to Control a BCI. Front. Neurosci. 2017.
3. L.R. Quitadamo, "Support vector machines to detect physiological patterns for EEG and EMG-based human–computer interaction: a review". J. Neural Eng. 2017. Vol. 14.
4. Rouse A.G., D.W. Moran. Neural adaptation of epidural electrocorticographic (EECoG) signals during closed-loop brain computer interface (BCI) tasks. In Proc. IEEE MBS. 2009. P. 5514–5517.
5. Chang-Hee Han, Chang-Hwan Im, "EEG-based brain-computer interface for real-time communication of patients in completely locked-in state". 2018 6th International Conference on Brain-Computer Interface (BCI). 2018.

6. Makeig, S. "First Demonstration of a Musical Emotion BCI". ACII: part 2. P. 487–496. 2011.
7. Abijith Vijayendra, Saumya Kumaar, Ravi M. Vishwanath1, S.N. Omarkar, "A Performance Study of 14-Channel and 5-Channel EEG Systems for Real-Time Control of Unmanned Aerial Vehicles". 2018 Second IEEE International Conference on Robotic Computing. P. 183–188. 2018.
8. "Role of EEG in Brain to Computer Interface", Silicon Mentor, 2015. URL: <http://siliconmentor.blogspot.in/2015/05/role-of-eeg.html>
9. Palmini A., "The concept of the epileptogenic zone: A modern look at Penfield and Jasper's views on the role of interictal spikes". Epileptic Disorders. Vol 8. 2006.
10. Richard T. Lauer, CA P. Hunter Peckham, Kevin L. Kilgore, "EEG-based control of a hand grasp neuroprosthesis". NeuroReport. Vol. 10. No 8, 1999.
11. Prasant Kumar Pattnaik, Jay Sarraf, "Brain Computer Interface issues on hand movement". Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. Vol. 30. 2018. P 18–24.
12. Alireza Ghaemi, Esmat Rashedi, Ali Mohammad Pourrahimi, Mehdi Kamandar, Farhad Rahdari, "Automatic channel selection in EEG signals for classification of left or right hand movement in Brain Computer Interfaces using improved binary gravitation search algorithm". Biomedical Signal Processing and Control. Vol. 33. P. 109–118. 2017.
13. Onaran I. Classification of Multichannel ECoG Related to Individual Finger Movements with Redundant Spatial Projections. / Ibrahim Onaran, N. Firat Ince, A. Enis Cetin. Conference of the IEEE EMBS. Boston. Massachusetts (USA). 2011. P. 5424–5427.
14. Kai J. Miller1, Dora Hermes, Human Motor Cortical Activity Is Selectively Phase-entrained on Underlying Rhythms. PLOS Computational Biology. Vol. 25. No. 9. P. 1–21. 2012.
15. Alexandre Barachant, Stephane Bonnet, Marco Congedo, Christian Jutten. Common Spatial Pattern revisited by Riemannian Geometry. 2010 IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP). 2010.
16. Jolliffe I.T. "Principal Component Analysis, Second Edition". University of Aberden. P. 487. 2002.
17. Lorenzo-Seva U. "How to report the percentage of explained common variance in exploratory factor analysis". Technical Report. Department of Psychology. 2013.
18. Brockwell P.J., Davis R.A. "Time Series: Theory and Methods (2nd ed.)". New York: Springer. P. 273. 2009.
19. Rosenblatt Frank, "Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms". Spartan Books. 1961.
20. Han Jun, Morag Claudio. "The influence of the sigmoid function parameters on the speed of backpropagation learning". From Natural to Artificial Neural Computation. P. 195–201. 1995.
21. Bishop Christopher M. "Pattern Recognition and Machine Learning". Springer. 2006.
22. Murphy Kevin. "Machine Learning: A Probabilistic Perspective". MIT. 2012.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ ПАЛЬЦАМИ НА ОСНОВЕ ЕЛЕКТРОКОРТИКОГРАММЫ С ПОМОЩЬЮ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В работе представлено применение параметрической модели мозговой активности модели авторегрессии-усреднения со сдвигом с предыдущим выбором основного канала и применением многослойной нейронной сети, с помощью которой происходит определение движения любым пальцем, для применения в нейрокомпьютерных интерфейсах. В результате использования подхода точность классификации составляет 95.5%. Для моментов без движения истинно положительное определение составляет 91.0%, для моментов с движением 100%. Предложенный подход является новым и может быть использован для создания интерфейсов мозг–компьютер.

Ключевые слова: машинное обучение, интерфейс мозг–компьютер, электрокортикограмма, параметрическое моделирование, классификация, определение движений пальцами.

FINGERS MOTION DETECTION BASED ON ELECTROCORTICOGRAM USING A PARAMETRIC MODEL

The paper presents application of a parametric model of brain activity to detect the presence of finger motion for use in neurocomputer interfaces. The approach is based on the construction of a parametric autoregressive-moving average model with the previous choice of the main channel and the application of machine learning based on multilayer neural network, for determination of any finger motion. As a result of using the proposed approach the accuracy of the classification is 95.5%. For moments without motion, the true positive determination is 91.0%, for moments with a motion of 100%. The proposed approach is new and can be used to create brain–computer interfaces.

Key words: machine learning, interface brain–computer, electrokorticogram, parametric modeling, classification, finger motion detection.

Відомості про авторів

Аббасова А.Р. – кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Науково-дослідної лабораторії ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»;

Антоненко А.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Арсеньєва Н.О. – кандидат технічних наук, асистент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Ахтямова Е.Р. – інженер-технолог ТОВ «Оберон», Російський хіміко-технологічний університет імені Д.І. Менделєєва;

Байдак М.О. – магістр Сумського національного аграрного університету;

Болгова Н.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технології молока і м'яса Сумського національного аграрного університету;

Бондар С.М. – кандидат технічних наук, доцент Одеської національної академії харчових технологій;

Валевська Л.О. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології зберігання зерна Одеської національної академії харчових технологій;

Вапнічна В.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Василець К.К. – старший викладач кафедри товарознавства, управління якістю та екологічної безпеки Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Гіренко Н.І. – аспірант Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Голик А.В. – аспірант кафедри дорожніх машин Національного транспортного університету;

Грищенко І.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Дзюба Н.А. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування Одеської національної академії харчових технологій;

Дібіров А.К. – креативний директор ТОВ «Оберон», Казанський національний дослідницький технологічний університет;

Євдокимова Г.Й. – кандидат технічних наук, доцент кафедри біохімії, мікробіології і фізіології харчування Одеської національної академії харчових технологій;

Заруба Д.С. – студент кафедри промислової електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Земліна Ю.В. – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Землякова О.В. – асистент кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування Одеської національної академії харчових технологій;

Зиганшин Р.Т. – менеджер з розвитку ТОВ «Оберон», Університет управління «ГІСБІ»;

Зуєвська Н.В. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Казаченко Л.М. – кандидат технічних наук, доцент Харківського національного автомобільно-дорожнього університету;

Ковальов В.В. – кандидат технічних наук, доцент, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»;

Кондратюк Н.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Кравченко М.Ф. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету;

Крамаренко Д.П. – кандидат технічних наук, доцент, докторант Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Криворучко М.Ю. – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету;

Крилов А.В. – аспірант Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Кропачев Р.В. – Генеральний директор ТОВ «Оберон», Казанський національний дослідницький технологічний університет;

Кублінська І.А. – аспірант кафедри технології і організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету;

Кулагін Д.О. – кандидат технічних наук, професор Запорізького національного технічного університету;

Лайкова Л.Г. – інженер кафедри промислової електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Маринін А.І. – старший науковий співробітник, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій;

Мартиненко Т.А. – науковий співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій;

Можаровський Д.О. – студент кафедри промислової електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Мухаметзянова З.Р. – стажер ТОВ «Оберон»;

Найдонова В.Є. – аспірант кафедри механіки ґрунтів, фундаментів та інженерної геології Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова;

Нестеренко І.В. – магістр Київського університету культури;

Нечепуренко Д.С. – кандидат технічних наук, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»;

Овсієнко М.Ю. – студент кафедри промислової електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Одарченко А.М. – доктор технічних наук, професор кафедри товарознавства, управління якістю та екологічної безпеки Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Павленко Т.М. – кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»;

Павлов Г.О. – інженер-конструктор АТ «МОТОР СІЧ»;

Петренко В.Г. – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри теоретичної і промислової теплотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Поливанов Є.А. – студент III курсу хімічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеса Гончара;

Попов А.О. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Приходько В.П. – магістр Сумського національного аграрного університету;

Приходько К.О. – викладач кафедри готельно-ресторанного і туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв;

Прохоренко Ж.І. – старший науковий співробітник, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії Національного університету харчових технологій;

Ревякіна О.О. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»;

Ряпухін В.Н. – кандидат технічних наук, професор кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Харківського національного автомобільно-дорожного університету;

Саркісян Г.С. – аспірант кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Харківського національного автомобільно-дорожного університету;

Семенюк А.О. – студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Сєдін В.Л. – доктор технічних наук, професор ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»;

Сірий О.А. – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетичних установок теплових і атомних електростанцій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Скрипник Д.В. – студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Соколова Є.Б. – старший викладач кафедри товарознавства, управління якістю та екологічної безпеки Харківського державного університету харчування та торгівлі;

Соломаха А.С. – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної і промислової теплотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Степанова Т.М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології харчування Сумського національного аграрного університету;

Сторожук М.А. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»;

Терещенко Т.О. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри промислової електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Толошний Д.В. – студент III курсу хімічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Трубнікова А.А. – аспірант Одеської національної академії харчових технологій;

Удовиченко Є.Є. – аспірант кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Хижняк Т.А. – кандидат технічних наук, доцент, в.о. начальника відділу навчально-виховної роботи Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Чабанова О.Б. – кандидат технічних наук, доцент Одеської національної академії харчових технологій;

Чайковський І.А. – кандидат медичних наук, доктор медичних наук (ФРН), провідний науковий співробітник, керівник групи клінічної кібернетики Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова Національної академії наук України;

Чирка Т.В. – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри теоретичної і промислової теплотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Шайдецька Л.В. – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Шарахматова Т.Є. – кандидат технічних наук, доцент Одеської національної академії харчових технологій;

Ямненко Ю.С. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри промислової електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Яненко М.В. – студент кафедри інженерної електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Науковий журнал

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

Серія: Технічні науки

Том 29 (68) № 5 2018

Частина 3

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. 12,83. Ум.-друк. арк. 17,67. Зам. № 1118/160

Підписано до друку 14.11.2018. Наклад 150 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»

73034, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а, офіс 105

Телефон +38 (0552) 39 95 80

E-mail: mailbox@helvetica.com.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 4392 від 20.08.2012 р.