

**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) № 1 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;

Горбовий Артур Юліанович – 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 № 8 від 29.03.2018 року)**

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

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

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

ЗМІСТ

ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Алтухова Т.В. ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ВУГЛЕДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ І ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ОПТИМАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ.....	1
Антоненко А.В., Грищенко І.М., Земліна Ю.В., Ліфіренко О.С., Баран Д.А. ТЕХНОЛОГІЯ І ЯКІСТЬ СТРАВ ІЗ ОВОЧІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗТОРОПШІ ПЛЯМИСТОЇ.....	7
Бабенко В.І., Бахмач В.О., Поросюк О.В. ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ МАЙОНЕЗНИХ ЕМУЛЬСІЙ ІЗ ЯЄЧНИМ БІЛКОМ.....	14
Бажай-Жежерун С.А., Береза-Кіндзерська Л.В., Тогачинська О.В. ПЛАСТИВЦІ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ НА ОСНОВІ БІОЛОГІЧНО АКТИВОВАНОГО ЗЕРНА.....	19
Божко Н.В., Тищенко В.І., Пасічний В.І., Крижська Т.А. СТАБІЛІЗАЦІЯ ЛІПІДІВ ВАРЕНО-КОПЧЕНИХ КОВБАС ІЗ М'ЯСОМ КАЧКИ В ПРОЦЕСІ ЇХ ЗБЕРІГАННЯ.....	25
Бондарь С.Н., Трубникова А.А., Чабанова О.Б. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗООБМЕНА ПРИ АЭРОБНОЙ ОБРАБОТКЕ НАНОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ПАХТЫ.....	30
Габ А.І., Калакура М.М., Кущевська Н.Ф., Малишев В.В. НАНОТЕХНОЛОГІЇ ТА НАНОМАТЕРІАЛИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	37
Гроховська Ю.Р., Кононцев С.В. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ОЧИЩЕННЯ ОБОРОТНОЇ ВОДИ УЗВ ВІД СПОЛУК НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ	42
Кондрагюк Н.В. ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІВ ХАРЧОВИХ ПЛІВКОУТВОРЮЮЧИХ НА ОСНОВІ СУМІШІ УРОНАТНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ОБОЛОНОК ДЛЯ РИБНИХ ЗАКУСОК.....	48
Ланженко Л.О., Дец Н.О., Котляр Є.О., Нетудихата К.О. ПЕРЕРОБКА СИРОВАТКИ В ДЕСЕРТНІ ЖЕЛЕЙНІ ПРОДУКТИ.....	53
Луговська О.А. ВПЛИВ ГІДРОКОЛОЇДІВ НА ЯКІСТЬ ЕМУЛЬСІЙ ДЛЯ НАПОЇВ.....	61
Ройко О.М., Арсеньєва Л.Ю., Паламарчук О.П. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ СПРЯМОВАНОЇ ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ СПОРТСМЕНІВ.....	67
Сімахіна Г.О. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ПРИДАТНОСТІ ПЛОДІВ ТА ЯГІД ДО ЗАМОРОЖУВАННЯ.....	73
Турчин І.М., Войчишин А.В., Гамкало Х.В. ВИКОРИСТАННЯ КОРЕНЯ СЕЛЕРИ У ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ ПАСТ.....	79
Федорова Д.В., Романенко Р.П. ВПЛИВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА МІКРОСТРУКТУРУ І СЕНСОРНІ ВЛАСТИВОСТІ РИБО-РОСЛИННИХ НАПІВФАБРИКАТІВ.....	85

ТРАНСПОРТ

Кара І.А.

ВИБІР МАРШРУТІВ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ
ЗА ОЦІНКОЮ ЇХ ПРИВАБЛИВОСТІ.....92

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..... 96

Колобов К.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМ ТА МЕХАНІЗМІВ ДИЗЕЛЯ НА ЙОГО
ЕКОЛОГІЧНІ, ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ТЕМПЕРАТУРУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ.....103

Лямзін А.О., Ніколаєнко І.В.

ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ
НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЮ МЕРЕЖУ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА..... 109

Помазков М.В.

МНОЖЕСТВЕННЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ
ЗАВИСИМОСТИ ТРУДОЗАТРАТ НА РЕМОНТ
ОТ ОТКАЗОВ В РАБОТЕ СИСТЕМ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ-7540.....115

Помазков М.В., Украинская Т.А.

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЙ ПОДХОД В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОПЕРЕВОЗОК
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ..... 122

Помазков М.В., Бондаревская Е.Л.

МЕХАНИЗМ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ
ПОСТАВОК НЕФТЕПРОДУКТОВ НА УКРАИНСКИЙ РЫНОК
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА..... 128

Сенатосенко В.А., Ступак В.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РУХУ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ.....133

Славін В.В., Симовинюк В.І.

ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ ПОРУШЕННЯ РОБОТИ
ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ..... 140

Украинский Е.А.

МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОНФЛИКТНЫМИ
ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....146

Фомін О.В., Горбунов М.І., Бурлуцький О.В., Логвіненко О.А., Фоміна А.М.

МАТЕМАТИЧНЕ ОПИСАННЯ ТЕРМІЧНОЇ ПРАВКИ
ВАГОННИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ..... 151

Черкасова В.В., Куркчи К.А., Майорова И.Н.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ156

БУДІВНИЦТВО

Бараненко В.О., Волчок Д.Л.

НЕТИПОВА ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
ПРУЖНИХ БАЛОК В УМОВАХ НЕЧІТКОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....161

Добровольська А.О.

ЗМІНА ДЕФОРМАЦІЙ ТЕХНОГЕНИХ ГРУНТІВ
ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЗАМОЧУВАННЯ.....166

Крот О.П., Вінниченко В.І. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ФОСФОГІПСУ.....	171
Менейлюк А.І., Петровський А.Ф., Борисов О.О., Кирилюк С.В. ВЛАШТУВАННЯ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНОГО ЕКРАНА ДЛЯ ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ.....	176
Постернак А.А., Кравченко С.А. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЛЁГКИХ БЕТОНОВ НА ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ.....	181
Posternak I.M., Posternak S.A. “CSTCT-PPR”: METAL TILE ROOFS OF HISTORICAL BUILDING OF ODESSA.....	186
Трофимова Л.Є. АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	191
Чичулін В.П., Чичуліна К.В. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ РАМ ІЗ ПРОСТОРОВИМИ ПЕРЕРІЗАМИ.....	196
ГЕОДЕЗІЯ	
Корнієць А.В. РОЗРОБЛЕННЯ НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ РЕГІОНУ.....	202
ЕЛЕКТРОНІКА	
Баран В.С., Савченко Ю.Г., Трапезон К.О. АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ВИОКРЕМЛЕННЯ КОНТУРІВ ЗАДАНОГО ОБ’ЄКТА НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ IMAQ VISION.....	209
Дяденчук А.Ф., Кідалов В.В. НАНОТРУБКИ ОКСИДУ ЦИНКУ, ОТРИМАНІ МЕТОДОМ РАДИКАЛО-ПРОМЕНЕВОЇ ЕПІТАКСІЇ НА ПОРУВАТІЙ ПОВЕРХНІ СЕЛЕНІДУ ЦИНКУ.....	214

CONTENTS

TECHNOLOGY OF FOOD PROCESSING AND CONSUMER GOODS INDUSTRY

Altukhova T.V.

JUSTIFICATION OF RATIONAL STRUCTURE OF DIAGNOSTICS
OF THE ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT OF THE COAL-MINING ENTERPRISES
AND DEFINITION OF ITS OPTIMUM ESTIMATION OF THE RESIDUAL RESOURCE1

Antonenko A.V., Hryshchenko I.M., Zemlina Yu.V., Lifirenko O.S., Baran D.A.

TECHNOLOGY AND QUALITY OF VEGETABLE DISHES
WITH USING SILYBUM MARIANUM.....7

Babenko V.I., Bakhmach V.O., Porosiuk O.V.

DETERMINING THE STABILITY OF MAYONNAISE
EMULSIONS BASED ON LIQUID EGG WHITE14

Bazhai-Zhezherun S.A., Bereza-Kindzerska L.V., Tohachynska O.V.

FLAKES OF HIGH NUTRITIONAL VALUE ARE ON THE BASIS
OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE GRAIN19

Bozhko N.V., Tyshchenko V.I., Pasichnyi V.I., Kryzhska T.A.

LIPID STABILIZATION OF BOILED-SMOKED SAUSAGES
WITH DUCK MEAT DURING STORAGE25

Bondar S.N., Trubnykova A.A., Chabanova O.B.

IMPROVEMENT OF GAS EXCHANGE EFFICIENCY IN AEROBIC PROCESSING
OF NANO-FILTRATION PRODUCTS FROM BUTTERMILK.....30

Hab A.I., Kalakura M.M., Kushchevska N.F., Malyshev V.V.

NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS IN FOOD INDUSTRY37

Hrokhovska Yu.R., Konontsev S.V.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BASES OF THE CIRCULATING WATER
TREATMENT IN RAS FROM NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS42

Kondratiuk N.V.

USING OF FOOD FILM-FORMATED GELS ON THE BASIS OF URONATE
POLYSACCHARIDES MIXTURE IN SHELLMAKING FOR FISH SNACKS48

Lanzhenko L.O., Dets N.O., Kotliar Ye.O., Netudykhata K.O.

PROCESSING OF WHEY IN DESSERT JELLY PRODUCTS.....53

Luhovska O.A.

HYDROCOLLOIDS EFFECT ON THE QUALITY OF EMULSIONS FOR BEVERAGES61

Roiko O.M., Arsenieva L.Iu., Palamarchuk O.P.

THEORETICAL PREREQUISITES OF CREATION
OF FOOD GOODS WITH DIRECTIONAL PHUSIOLOGICAL ACTION FOR ATHLETES.....67

Simakhina H.O.

THE MAIN INDICES OF FRUIT AND BERRIES' SUITABILITY TO FREEZING73

Turchyn I.M., Voichyshyn A.V., Hamkalo Kh.V.

USE OF THE ROLL-BASED CELLAR IN THE TECHNOLOGY OF WOVEN PAT79

Fedorova D.V., Romanenko R.P.

INFLUENCE OF PLANT RAW MATERIAL ON MICROSTRUCTURE
AND SENSOR PROPERTIES OF FISH AND PLANT SEMI-PRODUCTS85

TRANSPORT

Kara I.A. ROUTE SELECTION ACCORDING ITS ATTRACTIVENESS.....	92
Kovbasenko S.V., Holyk A.V., Petrenko V.H., Solomakha A.S., Ustymenko Ye.V. DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF A MICROPROCESSOR-BASED SYSTEM FOR DIESEL ENGINE OPERATING ON A DIESEL-GAS CYCLE.....	96
Kolobov K.S. INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MALFUNCTIONS OF SYSTEMS AND MECHANISMS OF DIESEL ON ITS ECOLOGICAL, ENERGY INDICES AND TEMPERATURE OF EXHAUST GASES.....	103
Liamzin A.O., Nikolaienko I.V. FORECASTING IMPACT OF TRANSPORT FLOWS ON THE INDUSTRIAL CITY ROAD NETWORK	109
Pomazkov M.V. MULTIPLE REGRESSIONAL ANALYSIS OF DEPENDENCE OF EXPOSURE ON REPAIR FROM FAILURE IN THE WORK OF SYSTEMS OF DUMP TRUCKS BELAZ-7540	115
Pomazkov M.V., Ukraynskaia T.A. THE APPROACH TO SAVING OF RESOURCES IN PROVIDING THE EFFICIENCY OF INTELLIGENT MANAGEMENT IN THE SYSTEM OF TRANSPORTATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES THEME	122
Pomazkov M.V., Bondarevskaia E.L. THE MECHANISM FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF THE SUPPLY OF PETROLEUM PRODUCTS TO THE UKRAINIAN MARKET USING ROAD TRANSPORT.....	128
Senatosenko V.A., Stupak V.V. RESEARCHING OF ESTIMATION OF TRAFFIC-LIGHT CONTROL MODES AT CROSSROADS	133
Slavin V.V., Symovyniuk V.I. THE FUEL EFFICIENCY OF THE AUTOMOBILE AFTER OPERATING IRREGULARITY OF THE IGNITION ELECTRONICS	140
Ukraynskyi E.A. EFFICIENCY MECHANISM OF CONFLICT TRANSPORT FLOWS MANAGEMENT IN URBAN ENVIRONMENT	146
Fomin O.V., Horbunov M.I., Burlutskyi O.V., Lohvinenko O.A., Fomina A.M. MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THERMAL CORRECTION OF WAGON METAL STRUCTURES.....	151
Cherkasova V.V., Kurkchy K.A., Maiorova Y.N. IMPROVEMENT OF MONITORING TECHNOLOGY FOR SPECIALIZED FREIGHT CARS	156

CONSTRUCTION

Baranenko V.O., Volchok D.L. ATYPICAL PROBLEM OF OPTIMAL DESIGN OF ELASTIC BEAMS UNDER CONDITIONS OF FUZZY INFORMATION.....	161
Dobrovolska A.O. CHANGE OF DEFORMATIONS OF TECHNICAL SOILS FOR RESULTS SOAKING.....	166

Krot O.P., Vinnychenko V.I. MODELLING AND CHOOSING THE RATIONAL DESIGN OF HEAT TREATMENT UNIT FOR PHOSPHOGYPSUM	171
Meneiliuk A.I., Petrovskyi A.F., Borysov O.O., Kyrlyuk S.V. CREATION OF THE ANTIFILTRATIONAL SCREEN FOR PROTECTION OF UNDERGROUND SPACE AGAINST FLOODING	176
Posternak A.A., Kravchenko S.A. THE MAIN PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH POROUS AGGREGATE	181
Posternak I.M., Posternak S.A. “CSTCT-PPR”: METAL TILE ROOFS OF HISTORICAL BUILDING OF ODESSA	186
Trofymova L.Ye. ANALYSIS OF PROCESSES OF STRUCTURE FORMATION OF COMPOSITION MATERIALS	191
Chychulin V.P., Chychulina K.V. INCREASE OF DESIGNING EFFICIENCY OF STEEL FRAMES WITH SPATIAL CROSS-SECTIONS.....	196
GEODESY	
Korniets A.V. DEVELOPMENT OF SCIENTIFICALLY BASICED RECOMMENDATIONS FOR THE FORMATION OF INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT OF GEO-ECOLOGICAL MONITORING OF THE USE OF LAND OF THE REGION	202
ELECTRONICS	
Baran V.S., Savchenko Yu.H., Trapezon K.O. ALGORITHM OF RECOGNITION AND ALLOCATION OF THE CONTOURS OF THE ASSIGNED OBJECT BASED ON THE USE OF THE IMAQ VISION PLATFORM.....	209
Diadenchuk A.F., Kidalov V.V. ZINC OXIDE NANOTUBES OBTAINED BY THE METHOD OF RADICAL-BEAM EPITAXY ON THE POROUS SURFACE OF ZINC SELENIDE.....	214

ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 681.518.5

Алтухова Т.В.

Індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ВУГЛЕДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ І ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ОПТИМАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ

У статті розглядається питання доцільності застосування системи безперервного контролю та діагностики електромеханічного обладнання за фактичним станом порівняно з наявною й визначення оптимальної оцінки залишкового ресурсу устаткування в умовах вугледобувних підприємств з урахуванням мінімуму даних.

Ключові слова: *діагностика електромеханічного обладнання, залишковий ресурс, система планово-попереджувального ремонту, технічний стан.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день з розвитком технічного прогресу все більш актуальним стає питання підвищення надійності електромеханічного обладнання (далі – ЕМО), тому дослідження технічного стану ЕМО з виявленням несправностей на ранній стадії їх розвитку та оцінювання залишкового ресурсу (далі – ЗР) є важливим завданням у галузі енергетики. У сучасних умовах на вугледобувних підприємствах об'єднується експлуатація застарілого обладнання з новітніми технологіями, для яких наявні методи виявлення дефектів не ефективні [1, с. 4–8]. Ще варто зазначити, що на вугледобувних підприємствах використовується значна кількість застарілого електромеханічного обладнання, паспортний строк використання якого вже майже минув, а це, у свою чергу, призведе до значних витрат на ремонт і технічне обслуговування.

У зв'язку з вищесказаним доволі значною проблемою є пошук новітніх технічних вирішень з діагностики електромеханічного обладнання та визначення залишкового ресурсу, що повною мірою забезпечить нормальну організацію технічного обслуговування, тому одним із перспективних методів вирішення цього питання є перехід від технічного обслуговування по регламенту або

у зв'язку з виходом з ладу ЕМО до обслуговування за фактичним станом.

Експлуатаційний ресурс електромеханічного обладнання визначається його характеристиками та фактичним режимом навантаження під час роботи [2]. У період експлуатації обладнання на підприємстві на ресурс значно впливає процес зношування його складових частин, тому розгляд основних закономірностей цього процесу й установлення залежностей надійності ЕМО від факторів, що негативно впливають на роботу, в реальних умовах експлуатації є важливим не тільки науковим, а й практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз наявних публікацій виявив, що питанню використання різноманітних методів діагностики електромеханічного обладнання та оцінювання залишкового ресурсу в різноманітних галузях промисловості приділено достатньо уваги [4–6; 8], але це завдання на вугледобувних підприємствах не висвітлено достатньою мірою.

Постановка завдання. Головна мета публікації полягає в обґрунтуванні раціональної структури діагностування електромеханічного обладнання на вугледобувних підприємствах та оптимального оцінювання залишкового ресурсу ЕМО.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нині на вугледобувних підприємствах використовують низькоефективні системи планово-попереджувальних ремонтів (далі – ППР) та обслуговування щодо напрацювання електромеханічним обладнанням певного числа годин, які мають значні недоліки [3]:

- ремонти виконуються за сформованими графіками або після розрахунку напрацювання годин ЕМО;
- відсутність зручних інструментів планування ремонтних робіт;
- трудомісткість розрахунків трудовитрат;
- трудомісткість обліку параметрів;
- складність оперативного коректування запланованих ремонтів.

Ці недоліки, у свою чергу, призводять до ризику виникнення непланових ремонтів електромеханічного обладнання та значних втрат на підприємстві, тобто в результаті значних пошкоджень ЕМО виробництво необхідно зупинити на тривалий термін, так як системи планово-попереджувальних ремонтів займають багато часу. На вугледобувних підприємствах виникають значні втрати часу, зниження видобутку вугілля та економічні витрати, тоді як обслуговування на виправленому ЕМО також призведе до підвищення експлуатаційних витрат і втрат виробничого часу. На рисунку 1 зображена структура системи ППР електромеханічного обладнання на промислових підприємствах.

Незважаючи на те що зображена структура системи планово-попереджувального ремонту перед-

бачає безаварійну модель експлуатації та ремонту електромеханічного обладнання, на вугледобувних підприємствах на практиці доводиться враховувати й непланові ремонти. Їх причиною найчастіше є незадовільний технічний стан або ж аварія через неякісне технічне обслуговування.

У цьому випадку використання наявної системи планово-попереджувального ремонту ЕМО є не вигідним, тому необхідно створення системи обслуговування електромеханічного обладнання в умовах вугільних шахт за фактичним станом. Ця система має низку переваг:

- оптимізує матеріально-технічні витрати;
- зменшує втрати, що зумовлені запланованими простоями та необхідністю проведення незапланованих ремонтів ЕМО на підприємстві;
- запобігає виникненню аварійної ситуації, що призведе до тривалих ремонтів обладнання, або повному виходу з ладу.

На рисунку 2 зображена приблизна структура організації системи обслуговування за фактичним станом [4]. Вона розкриває сутність алгоритму проведення ремонтів електромеханічного обладнання за принципом безперервного діагностування та оцінювання залишкового ресурсу. Для реалізації цієї структури необхідно створювати новітні алгоритми діагностування, безперервну диспетчеризацію роботи електромеханічного обладнання й застосовувати сучасні технології та пристрої, що будуть урахувати поточний стан ЕМО на вугледобувному підприємстві.

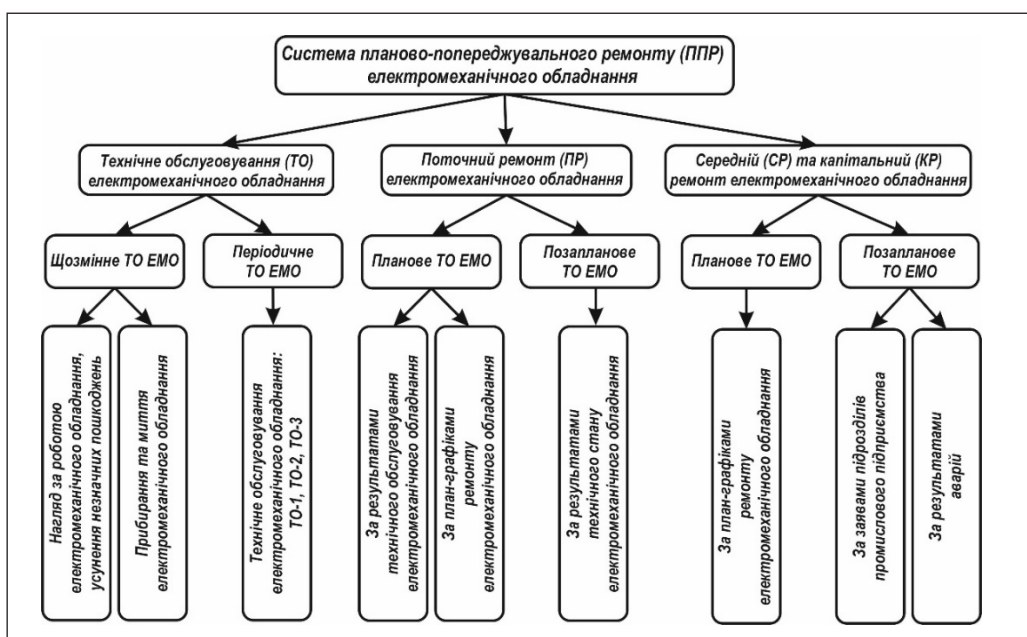


Рис. 1. Структура проведення ППР (за джерелом [3])

Діагностика ЕМО за цією структурою повинна проводитися на базі багатofакторного аналізу з урахуванням умов, за яких були зроблені виміри діагностичних параметрів.

У науковій праці [5] професор А.Е. Козярук та інші автори роботи пропонують використання системи діагностики та оцінювання залишкового ресурсу електромеханічного обладнання, що працює в тяжких умовах, за електричними параметрами, а саме на виникненні електромагнітної несиметрії поля робочої машини, в результаті чого відбувається зміна спектрального складу струмів і напруг. Окрім цього, як критерії для оцінювання енергетичних процесів, що відбуваються в ЕМО, використовують показник утрат потужності на пошкоджених частотах. Отже, в результаті аналізу в цій системі графіків сигналів стуму та потужності за певний період часу можливе виявлення пошкоджень обладнання й розпізнавання їх виду. Ця система базується на використанні штучних нейронних мереж і має низку переваг:

- можливість здійснювати безперервний контроль діагностуючих параметрів ЕМО та автоматично зберігати виміри в базі даних;
- зберігання значної кількості вимірних параметрів протягом тривалого терміну, що дасть

зможу визначати більш точні розрахунки залишкового ресурсу електромеханічного обладнання;

- полегшує завдання обслуговуючого персоналу, так як немає необхідності в переміщенні діагностичного обладнання до об'єкта;
- відстежувати динаміку виникнення несправностей ЕМО та їх розвиток у реальному часі;
- виявляти на ранній стадії несправності ЕМО;
- планувати раціональні строки проведення ремонтів;
- визначати залишковий ресурс з допомогою нейронних мереж.

Головний недолік – це діагностика і збирання параметрів однотипних машин і неможливість виявляти несправності в більш важких випадках.

У наступній роботі [6] авторами пропонується застосування системи діагностики для оцінювання технічного стану електромеханічного обладнання та залишкового ресурсу гірничотранспортного комплексу (ГТК) на відкритих виробках (кар'єрах) за електричними параметрами живлячого двигуна напруги із застосуванням бази даних несправностей на базі Fuzzy Logic.

Ці системи дають змогу в разі виникнення первинних ознак конкретного виду пошкодження шляхом виведення еталонних значень та отриманих на схожому обладнанні формувати звіт про технічний стан і залишковий ресурс електромеханічного обладнання, що діагностується. Але вони під час застосування на вугледобувних підприємствах з підземним видобутком корисної копалини будуть не ефективні, так як на підприємстві експлуатується значна кількість застарілого обладнання різного типу. Тому ж розглянуті системи враховують тільки електричні параметри обладнання, окрім цього, необхідно враховувати також і динамічні параметри ЕМО.

Однак у період контролю технічного стану електромеханічного обладнання необхідно також установлення строку його безпечної експлуатації, що на вугільних підприємствах має різноманітні аспекти, до яких зараховують, окрім самого діагностування ЕМО, методологію оцінювання залишкового ресурсу.

Ресурс електромеханічного обладнання визначається як сумарне напрацювання ЕМО від початку експлуатації або відновлення після ремонту до переходу в той стан, коли неможлива подальша експлуатація на підприємстві у зв'язку з нормами правил безпеки, економічності й ефективності [7, с. 511].

Визначення залишкового ресурсу залежить від вирішення таких завдань [4]:

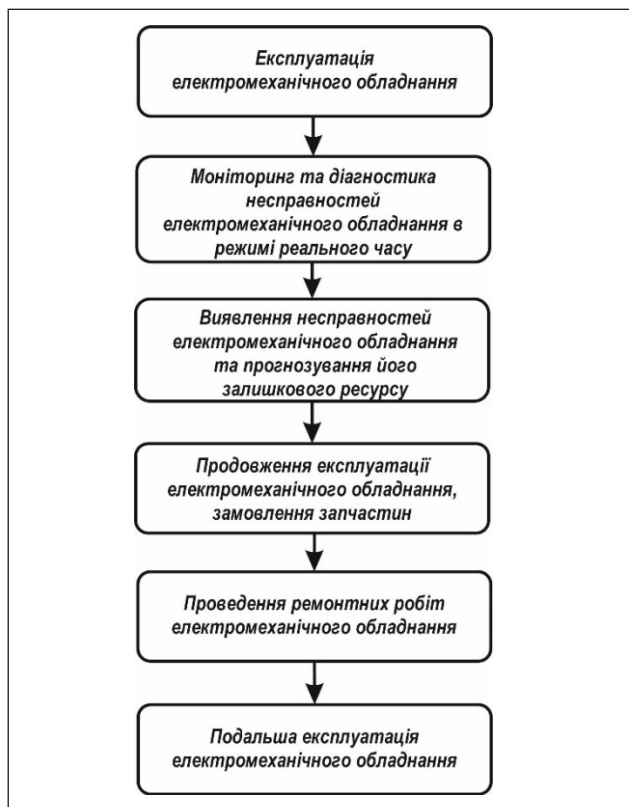


Рис. 2. Приблизна структура організації системи обслуговування за фактичним станом (за джерелом [4])

- визначення поточного стану ЕМО, що експлуатується на підприємстві;
- виконання прогнозу майбутнього стану електромеханічного обладнання;
- оцінювання відмов ЕМО та ризику аварійних ситуацій під час експлуатації.

Авторами наукової праці [8] запропонована методика отримання оцінки ЗР індивідуально для кожного виробу, де точність визначення залежить від заданої ймовірності γ .

Головною ознакою знаходження залишкового ресурсу в цій роботі є середній залишковий ресурс $\hat{T}(t_k)$, що визначається як очікування залишкового ресурсу після t_k , і гама-процентний залишковий ресурс $T_\gamma(t_k)$, що визначається як напрацювання ЕМО з моменту t_k до моменту, протягом якого електромеханічне обладнання, що працювало безвідмовно, буде мати значення умовної ймовірності безвідмовної роботи як γ та визначається з формули [8]:

$$\gamma = P \left[\frac{t_k + T_\gamma(t_k)}{t_k} \right], \quad (1)$$

Цей показник γ знаходиться за умови допустимого ризику кількості відмов електромеханічного обладнання.

В.І. Лук'яненко та співавтори [8] запропонували оцінку показників ЗР згідно з виразами: коли є відмови під час експлуатації

$$\hat{T}(t_k) \geq \frac{\hat{T} - t_k}{\hat{P}(t_k)}, \quad (2)$$

$$\hat{T}_\gamma(t_k) \geq \hat{T}_\gamma - t_k, \quad (3)$$

де $\hat{T}(t_k), \hat{T}_\gamma(t_k)$ – відповідно оцінка середнього та гама-процентного залишкового ресурсу;

\hat{T}, \hat{T}_γ – відповідно оцінка середнього та гама-процентного ресурсу.

У свою чергу, оцінка середнього ресурсу визначається [8]:

$$\hat{T} = T_o - \frac{1}{\hat{\lambda}_t}, \quad (4)$$

де T_o – напрацювання ЕМО до відмови;

$\hat{\lambda}_t$ – оцінка інтенсивності відмов електромеханічного обладнання, що зберегли працездатність після назначеного часу t_k ;

$\hat{P}(t_k)$ – оцінка ймовірної безвідмовної роботи ЕМО за певний час t_k .

Коли відмов немає, то використовується вираз:

$$\hat{T}(t_k) \geq \hat{T}_{min} - t_k, \quad (5)$$

де \hat{T}_{min} – нижня оцінка середнього ресурсу та визначається згідно з виразом:

$$\hat{T}_{min} = T_o + \frac{1}{\bar{\lambda} + \frac{t_\gamma \cdot \sigma_{\bar{\lambda}}}{\sqrt{m}}}, \quad (6)$$

$\bar{\lambda}$ – середня інтенсивність відмов за певний період;

$\sigma_{\bar{\lambda}}$ – середнє квадратичне відхилення інтенсивності відмов;

t_γ – квантиль розподілення з числом степеневих свободи $k = m - 1$;

m – кількість відмов, які визначаються несприятливим поєднанням декількох факторів.

Недолік цієї методики в тому, що під час визначення залишкового ресурсу необхідно мати вихідні дані, тобто знати напрацювання об'єкта від початку експлуатації на підприємстві. Але коли під час прогнозування відсутні відомості про напрацювання електромеханічного обладнання від початку експлуатації або останнього капітального ремонту, залишковий ресурс визначається за показниками стану, що були встановлені під час діагностування та напрацювання між двома вимірами [9, с. 26].

У цьому випадку залишковий ресурс визначається за виразом [9, с. 27]:

$$P_{зал} = P'_{вик} \cdot \left[\frac{1}{\left(\frac{3_{II}}{3_{\kappa}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1} + 1 \right] \cdot \left[\left(\frac{3_{2p}}{3_{\kappa}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right], \quad (7)$$

де $P'_{вик}$ – ресурс об'єкта, що використаний за час роботи між двома перевірками;

$3'_{\kappa}$ – зміни значення параметра від початку експлуатації до першої перевірки;

$3''_{\kappa}$ – зміни значення параметра від початку експлуатації до повторної перевірки;

3_p – гранична зміна значення параметра;

α – коефіцієнт залежності параметрів технічного стану об'єкта від тривалості роботи.

Окрім визначення залишкового ресурсу, одним із показників надійності електромеханічного обладнання є строк служби, який також характеризує довговічність роботи обладнання, він визначається ресурсом [4]:

$$n_{емо} = \frac{R_n}{R_{сер.річ}}, \quad (8)$$

де R_n – нормативний 90% ресурс;

$R_{сер.річ}$ – середньорічне напрацювання ЕМО.

У цьому випадку залишковий ресурс електромеханічного обладнання вугледобувних підприємств необхідно розглядати як запас можливого напруження в імовірнісному аспекті. Тому, як правило, граничний стан ЕМО відповідає стану його складових частин і техніко-економічній доцільності їх відновлення для подальшої експлуатації в конкретних умовах вугільного підприємства.

Висновки. З вищесказаного можемо резюмувати таке:

1. Під час обслуговування електромеханічного обладнання вугледобувних підприємств доцільно використовувати систему безперервного контролю та діагностики замість наявної системи планово-попереджувальних ремонтів ЕМО, так як у разі виявлення на ранній стадії несправностей електромеханічного обладнання можна буде запобігти серйозному пошкодженню, що дуже важливо для підприємств гірничо-вугледобувного комплексу.

2. Під час створення системи безперервного контролю та діагностики електромеханічного

обладнання необхідно враховувати деякі фактори, а саме вибір методу прогнозування та оцінювання залишкового ресурсу з урахуванням мінімуму наявних даних, пов'язаних з об'єктом діагностування, яких іноді не вистачає, кількість типів ЕМО для діагностики несправностей, фактори негативного впливу на обладнання та інші параметри.

3. Для створення більш ефективної системи необхідно застосування технології штучного інтелекту, а саме об'єднати штучні нейронні мережі з Fuzzy Logic, що забезпечить більш продуктивне збирання діагностичної інформації про об'єкт та оцінку залишкового ресурсу.

4. Спектральний аналіз електромеханічного обладнання є ефективним методом у системі безперервного контролю та діагностики несправностей, але необхідно враховувати й динамічні параметри об'єктів. Тому їх об'єднання з використанням технологій штучного інтелекту, а саме штучних нейронних мереж і Fuzzy Logic, стане більш ефективним у разі виявлення пошкоджень та оцінки залишкового ресурсу ЕМО.

Список літератури:

1. Казак В.М., Доценко Б.І., Кузьмін В.П. Надійність та діагностика електрообладнання: навч. посіб. Київ: НАУ, 2013. 280 с.
2. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. 704 с.
3. Павлович С.Н., Фираго Б.И. Ремонт и обслуживание электрооборудования: учеб. пособие. 4-е изд. Минск: Вышш. школа, 2009. 245 с.
4. Козярук А.Е., Кривенко А.В., Жуковский Ю.Л., Бабурин С.В., Черемушкина М.С., Коржев А.А. Диагностика и оценка остаточного ресурса электромеханического оборудования машин и механизмов. Санкт-Петербург: Горный университет, 2013 г. 90 с.
5. Козярук А.Е., Жуковский Ю.Л., Бабурин С.В., Коржев А.А., Кривенко А.В. Диагностика и оценка остаточного ресурса электромеханического оборудования, работающего в тяжелых условиях, по электрическим параметрам. Записки горного института. 2011. Т. 192. С. 161–166.
6. Таранов С.И. Тенденции в развитии систем управления и диагностики электромеханического оборудования горнотранспортного комплекса. Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ). 2013. № 5. С. 46–47.
7. Бигус Г.А., Даниев Ю.Ф., Быстрова Н.А., Галкин Д.И. Диагностика технических устройств. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 615 с.
8. Лукьяненко В.И., Воробьева Н.В., Воробьев Ю.В. Оценка остаточного ресурса технического оборудования в единичном исполнении. Вестник ТГТУ. 2012. Том 18. № 4. С. 1038–1041.
9. Карташевич А.Н., Сапьяник Г.Н., Скадорва А.Ф. Техническое диагностирование машин: лекция. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 32 с.

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ОПТИМАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

В статье рассматривается вопрос о целесообразности применения системы непрерывного контроля и диагностики электромеханического оборудования по фактическому состоянию по сравнению с существующей и определения оптимальной оценки остаточного ресурса оборудования в условиях угледобывающих предприятий с учетом минимума данных.

Ключевые слова: диагностика электромеханического оборудования, остаточный ресурс, система планово-предупредительного ремонта, техническое состояние.

**JUSTIFICATION OF RATIONAL STRUCTURE OF DIAGNOSTICS OF THE
ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT OF THE COAL-MINING ENTERPRISES
AND DEFINITION OF ITS OPTIMUM ESTIMATION OF THE RESIDUAL RESOURCE**

In this article the question of expediency of use of system of continuous monitoring and diagnostics of electromechanical equipment in accordance with the actual state in comparison with the existing one and determining the optimal estimate of the residual resource of equipment in coal-mining enterprises, taking into account the minimum data.

Key words: *diagnostics of electromechanical equipment, residual resource, system of planned and preventive repair, technical condition.*

УДК 641.8-035.25:663

Антоненко А.В.

Київський університет культури

Грищенко І.М.

Київський університет культури

Земліна Ю.В.

Київський університет культури

Ліфіренко О.С.

Київський університет культури

Баран Д.А.

Київський національний університет культури і мистецтв

ТЕХНОЛОГІЯ І ЯКІСТЬ СТРАВ ІЗ ОВОЧІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗТОРОПШІ ПЛЯМИСТОЇ

У статті розглянуто шляхи підвищення харчової цінності страв з овочів за рахунок додавання дієтичної добавки з розторопші плямистої, яка відзначається високим вмістом білків, поліненасичених жирних кислот, вітамінів і мінеральних речовин. За допомогою дослідження встановлено раціональну кількість добавки, розроблено шляхи її використання в технології страв з овочів і надано рекомендації щодо її застосування в закладах ресторанного господарства.

Ключові слова: розторопша плямиста, білок, вітаміни, мінеральні речовини, технологія, дієтична добавка.

Постановка проблеми. В умовах сьогодення вплив несприятливих факторів довкілля поширився на значну частину території України й охоплює широкі верстви її населення. Захист організму людини від техногенних факторів, у тому числі радіоактивного опромінення, є актуальною проблемою.

Відомо, що харчування є одним із найважливіших факторів, який пов'язує людину з навколишнім середовищем і допомагає організму в протидії впливу несприятливих факторів довкілля.

Докорінні зміни в структурі харчування людини останніх років не дають змоги сьогодні навіть теоретично забезпечити традиційними шляхами організм усіма необхідними речовинами, що призводить до зниження загальної опірності організму людини до несприятливих факторів довкілля, зокрема значного збільшення захворювань, пов'язаних із обміном речовин, у тому числі цукрового діабету, ожиріння тощо [1, с. 24].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Світова наука з метою збагачення дефіцитного

за багатьма компонентами харчового раціону населення активно розробляє дієтичні добавки. Останніми роками популярності набули добавки з розторопші (*Silybum marianum* L.), що є ефективним профілактичним засобом при захворюваннях печінки, жовчовивідних шляхів, кишечника, серцево-судинної системи завдяки оптимальному вмісту біологічно активних речовин і відсутності шкідливого ефекту на організм людини [2, с. 43].

Розторопша здатна до стимуляції регенеративних процесів у печінці при токсичних впливах, нормалізації білкового, ліпідного, вуглеводного обміну речовин, нормалізації енергетичних процесів у мітохондріях.

Численні дослідження вітчизняних і закордонних науковців підтвердили, що наявний у розторопші біофлавоноїд силімарин (2500–4000 мг%) здійснює антимутогенну, антиоксидантну й мембраностабілізуючу дію. У насінні розторопші також міститься 17% білків, у яких збережені всі незамінні амінокислоти. Уміст макроелементів на 1 г рос-

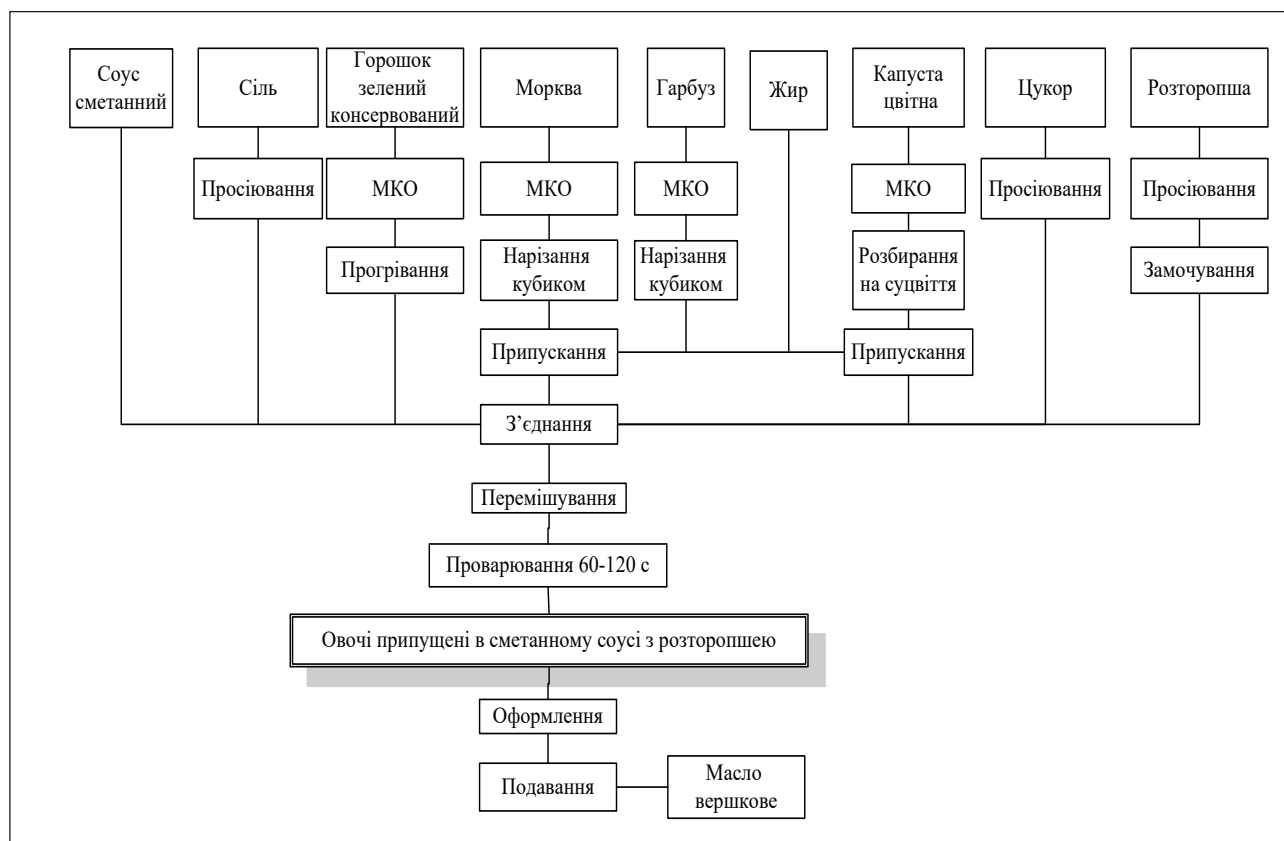


Рис. 1. Технологічна схема страви «Овочі, припущені в сметанному соусі з розгоропшею»

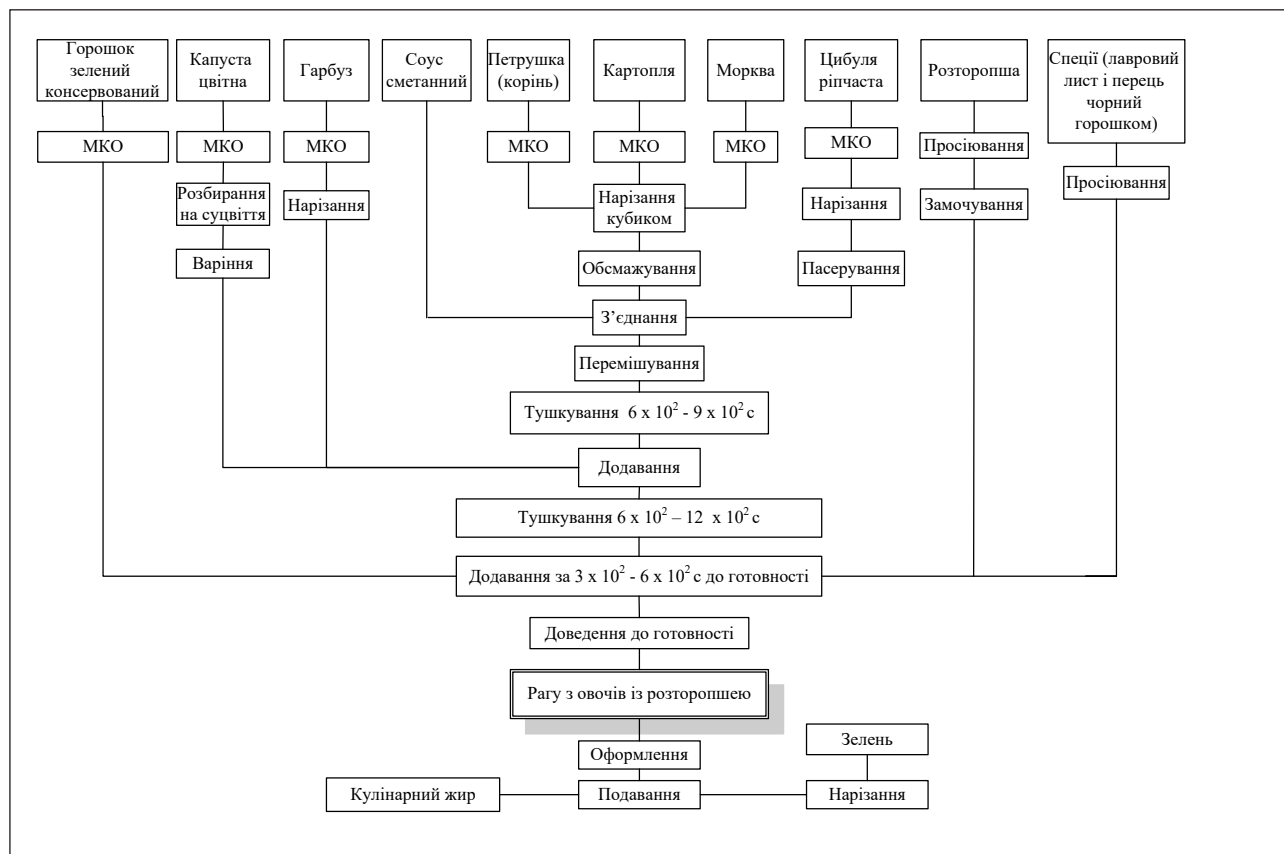


Рис. 2. Технологічна схема страви «Рагу з овочів із розгоропшею»

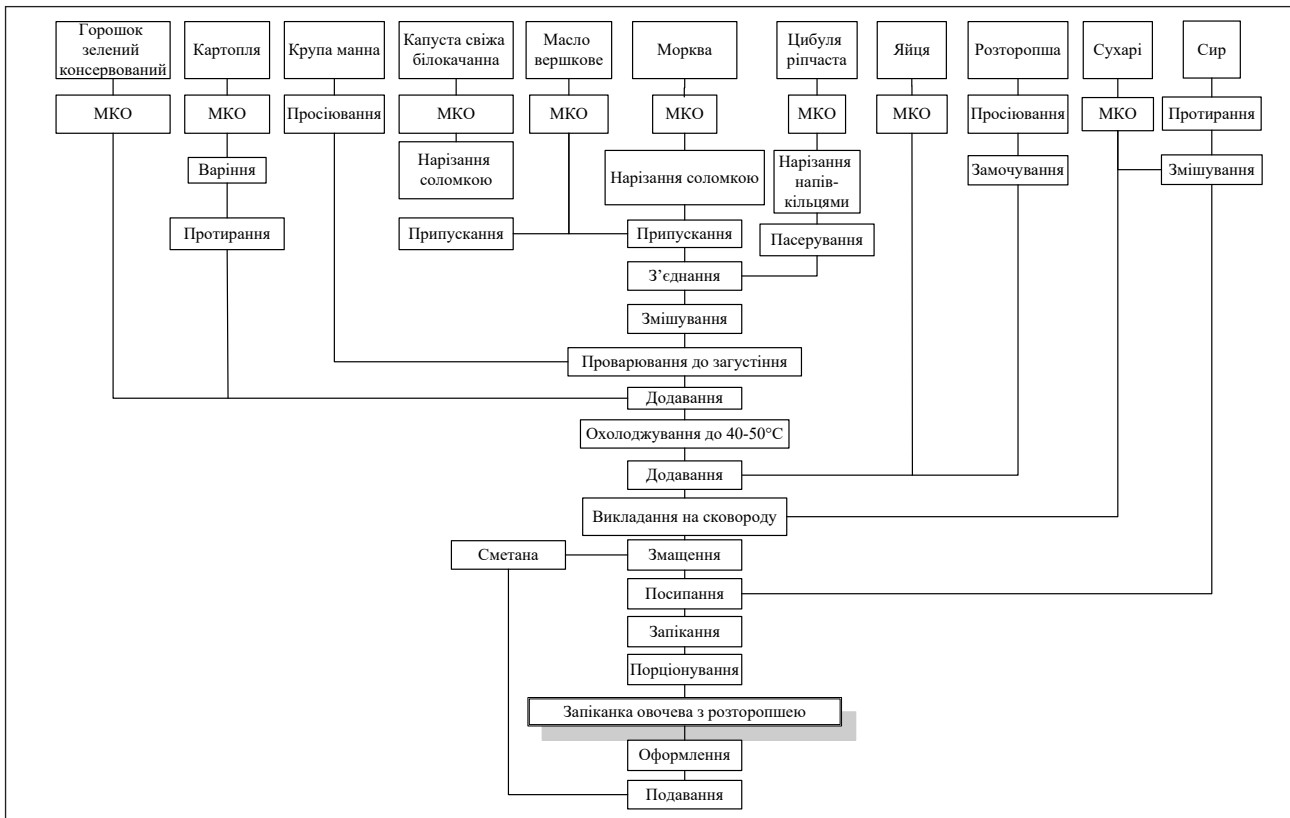


Рис 3. Технологічна схема страви «Запіканка овочева з розторопшею»

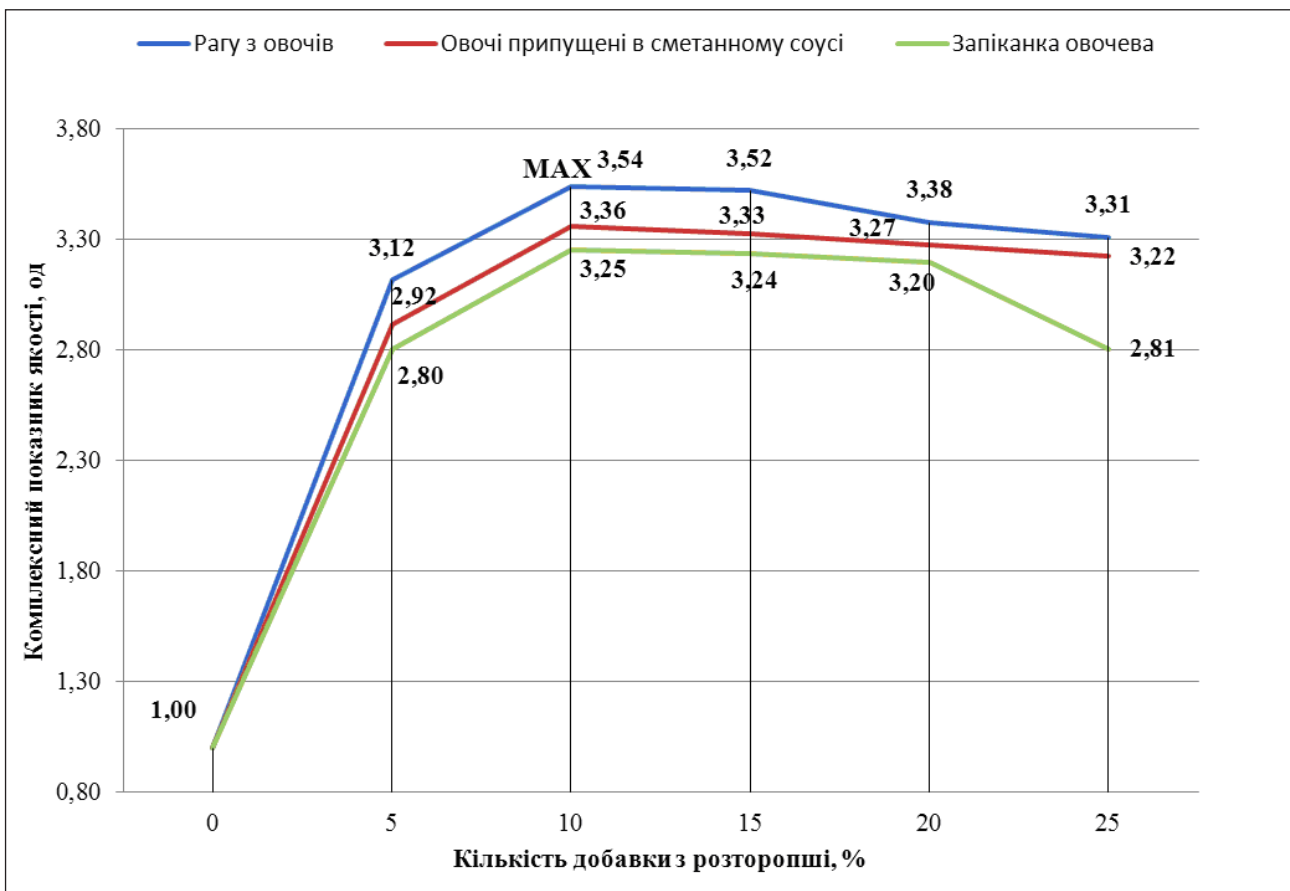


Рис. 4. Комплексний показник якості при різних концентраціях розторопші у стравах з овочів

линної сировини становить у мг/г кальцію – 16,6, калію – 9,2, магнію – 4,2, заліза – 0,08; мікроелементів у мкг/г марганцю – 0,1, міді – 1,2, цинку – 0,7, хрому – 0,2, селену – 23, йоду – 0,1, бору – 22,4. У розторопші також наявні жирні кислоти (30%), у т. ч. поліненасичені жирні кислоти (60%) [3, с. 91].

У насінні розторопші наявна значна кількість вітамінів групи В, необхідних для регуляції жирового обміну, живлення серцевого м'яза, нервової

системи, шкіри, органів зору, а також жиророзчинні вітаміни А, D, F, Е і К.

Жирнокислотний склад розторопші такий: лінолева кислота – 61–62%; олеїнова кислота – 21–22%; пальмітинова кислота – близько 9%; стеаринова кислота – 3,5–4%; арахінова кислота – близько 2%; бегенова кислота – 1–1,5% [4, с. 72].

На вітчизняному ринку розторопша реалізується в аптеках у вигляді шроту, олії, таблеток, капсул тощо.

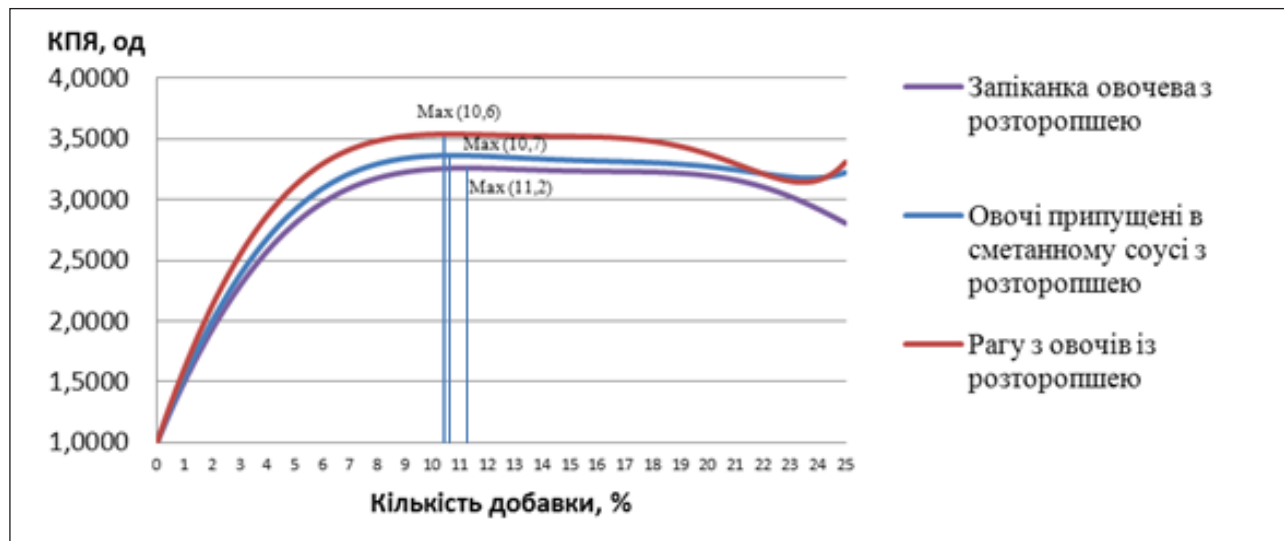


Рис. 5. Рациональна кількість добавки з розторопші для розроблених страв

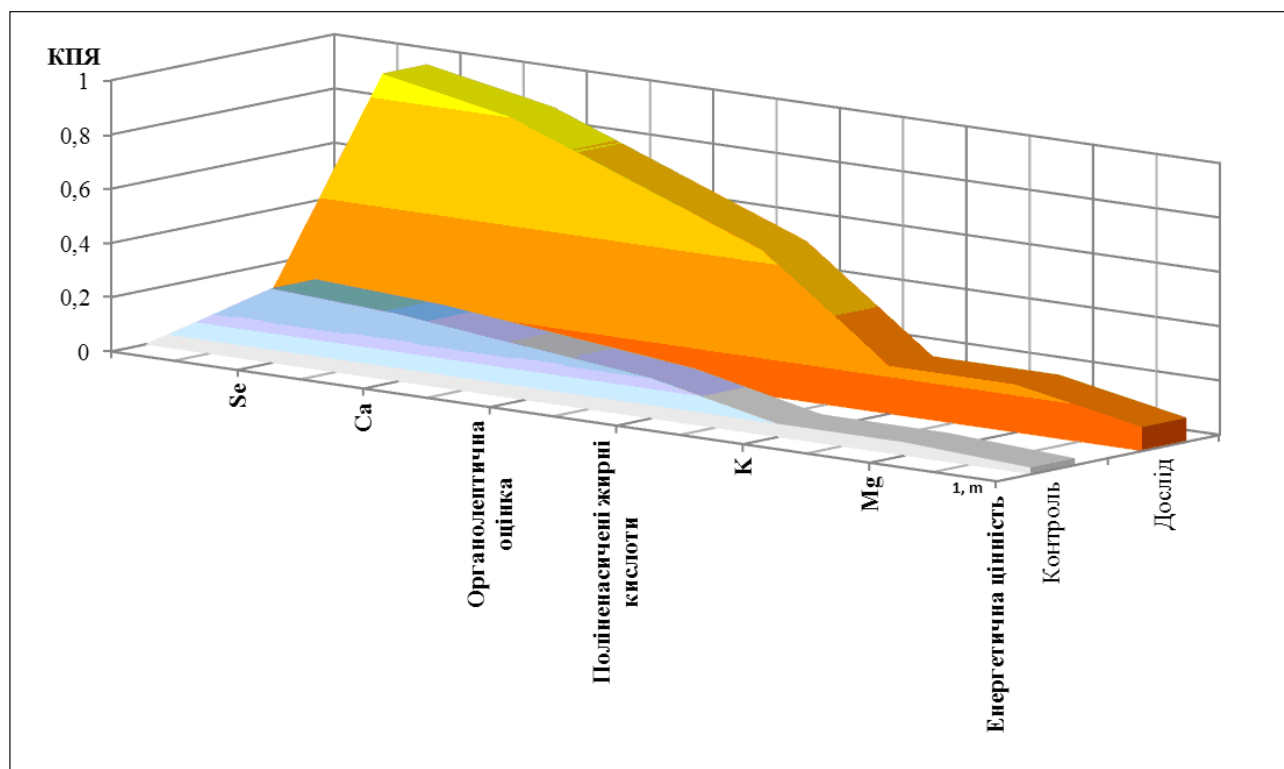


Рис. 6. Модель якості страв з овочів із додаванням розторопші; контроль – рагу з овочів, дослід – рагу з овочів із розторопшею

В Україні продаються такі біологічно-активні добавки з розторопші, як «Біовіт», «Шанс-Драгстор», «Житомірбіопродукт», «Гепавіт», «NSP», «Марисіл» тощо.

Постановка завдання. У широкому асортименті продукції ресторанного господарства чільне місце посідають страви з овочів. Вони гарні за смаковими якостями і входять у щоденний раціон населення. Але за традиційними технологіями приготування їхній хімічний склад характеризується недостатньою кількістю деяких есенціаль-

них речовин, зокрема селену, кальцію, поліненасичених жирних кислот тощо. Варто зазначити, що наукові дослідження не виявили побічних ефектів від використання добавки з розторопші, навіть у великих дозах, що відкриває широкі можливості для використання розторопші в технології харчових продуктів, зокрема в технології страв із овочів.

Метою досліджень є наукове обґрунтування та розроблення новітніх технологій страв з овочів із розторопшею.

Таблиця 1

Аналіз хімічного складу страви «Рагу з овочів із розторопшею»

Показник	Рагу з овочів	Рагу з овочів із розторопшею	Добова потреба	Забезпечення добової потреби стравною «Рагу з овочів із розторопшею», %
Білки, г	3,33	8,02	85,00	9,43
Жири, г	15,47	24,29	80,00	30,36
Вуглеводи, г	10,76	10,82	450,00	2,40
Енергетична цінність, ккал.	192,98	325,82	2530,00	12,88
К, мг	268,54	522,09	4000,00	13,05
Са, мг	44,19	501,69	1200,00	41,81
Fe, мг	1,22	3,42	16,00	21,41
Mg, мг	22,08	137,83	400,00	34,46
Сu, мкг	117,93	149,90	2000,00	7,49
Zn, мкг	502,31	521,88	15000,00	3,48
I, мкг	3,97	6,45	150,00	4,30
Cr, мкг	2,89	7,02	150,00	4,68
Se, мкг	1,06	632,18	60,00	1053,64
Mn, мкг	205,30	208,06	2000,00	10,40
ПНЖК, г	0,02	5,31	7,00	75,88
Силімарин, мг	0,00	826,80	1000,00	82,68

Таблиця 2

Розрахунки комплексного показника якості розроблених страв

Назва показника	Коеф вагомості, m	Рагу з овочів	Рагу з овочів із розторопшею	Овочі, припущені в сметанному соусі	Овочі, припущені в сметанному соусі з розторопшею	Запіканка овочева	Запіканка овочева з розторопшею
Органолептична оцінка (k1)	0,2	0,20	0,71	0,20	0,68	0,20	0,67
Поліненасичені жирні кислоти (k2)	0,15	0,15	0,54	0,15	0,51	0,15	0,50
Ca (k3)	0,25	0,25	0,89	0,25	0,85	0,25	0,83
K (k4)	0,05	0,05	0,18	0,05	0,17	0,05	0,17
Mg (k5)	0,05	0,05	0,18	0,05	0,17	0,05	0,17
Se (k6)	0,275	0,28	0,98	0,28	0,94	0,28	0,91
Енергетична цінність (k7)	0,025	0,03	0,09	0,03	0,09	0,03	0,08
Комплексний показник якості, од	1	1,00	3,57	1,00	3,40	1,00	3,33

Об'єкт дослідження – технологія страв з овочів із використанням розторопші.

Предмет дослідження – дієтична добавка з насіння розторопші плямистої (ТУ У 00389676. БО.31-98), овочі, припущені в сметанному соусі (№ 314), рагу з овочів (№ 321), запіканка овочева (№ 359), модельні композиції страв з овочів із розторопшею [6].

Методи дослідження – органолептичні, фізико-хімічні, біохімічні, математичні.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі аналітичного огляду літератури, технологічних характеристик дієтичної добавки та фізико-хімічних перетворень у харчових системах розроблені технології страв з овочів із додаванням розторопші (рис. 1, рис. 2, рис. 3) [5; 7].

Використання добавки з розторопші не викликає ускладнення технологічного процесу: вона просіюється, замочується й з'єднується з овочами [4, с. 74].

У ході дослідження проведено по п'ять дослідів з різними модельними композиціями для страв: овочі, припущені в сметанному соусі; рагу з овочів; запіканка овочева. Розторопша вводилася в овочеву масу в різних співвідношеннях добавки (%): 5, 10, 15, 20, 25. Визначено, що найвищий комплексний показник якості мають дослідні зразки з концентрацією розторопші 10% (рис. 4).

На основі проведених розрахунків методом математичного моделювання встановлена залежність між кількістю добавки з розторопші та комплексним показником якості розроблених страв. Ця залежність має вигляд формули:

$$y = ax^8 + bx^6 + cx^4 + dx^2 + ex + f, \quad (1)$$

де x – кількість добавки, %;

y – значення комплексного показника якості (КПЯ);

a, b, c, d, e, f – коефіцієнти рівняння.

Щоб визначити раціональну кількість добавки з точністю до десятих, у рівняння підставлені розраховані попередньо значення КПЯ для концентрацій добавки (%): 0, 5, 10, 15, 20 і 25. Зі значень x , піднесених до відповідного ступеня, побудована матриця A з розміром 6×6 . Для вирішення рівняння визначено обернену матрицю A^{-1} . Далі для визначення коефіцієнтів рівняння a, b, c, d, e, f перемножено значення оберненої матриці A^{-1} на значення КПЯ страв з концентрацією добавки (%): 0, 5, 10, 15, 20 і 25. Отримані коефіцієнти підставлені в аналогічне рівняння, де замість x – кількість добавки розторопші з точністю до десятих: 0,0; 0,1; 0,2; ... до 25,0%.

Завдяки використанню математичної моделі визначено, що страва «Рагу з овочів із розторопшею» має найвищий КПЯ при концентрації добавки 10,6%, «Овочі, припущені в сметанному соусі з розторопшею» – при 10,7%, «Запіканка з овочів із розторопшею» – 11,2% (рис. 5).

На основі отриманого значення раціональної кількості добавки проаналізовано зміну хімічного складу при її введенні до страви «Рагу з овочів із розторопшею» (таблиця 1). Добова потреба встановлена згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 18.11.1999 № 272.

Рагу з овочів із розторопшею має більш високі показники вмісту макро- та мікроелементів, білків, жирів і поліненасичених жирних кислот. Зокрема, завдяки додаванню розторопші норма добової потреби в поліненасичених жирних кислотах забезпечується на 75%, у селені – на 1053%, у кальції – на 41% (таблиця 1). Окрім того, речовина силімарин, яка міститься в розторопші, забезпечує добову потребу у флавоноїдах на 82%, що підвищує опірність організму до різноманітних патогенних факторів [4, с. 71].

Розрахунки одиничних показників якості й комплексного показника якості розроблених страв: рагу з овочів із розторопшею (10,6%), овочі, припущені в сметанному соусі (10,7%) і запіканка овочева (11,2%), – подано в таблиці 2.

З таблиці 2 видно, що комплексний показник якості страви «Рагу з овочів» завдяки додаванню розторопші підвищився у 3,57 раза, страви «Овочі, припущені в сметанному соусі» – у 3,40 раза, а страви «Запіканка овочева» – в 3,33 раза, що свідчить про значне підвищення якості розроблених страв (рис. 6).

Отже, додавання розторопші підвищило харчову цінність страв з овочів. Зокрема, в середньому для розроблених страв вміст білків підвищився в 2,1 раза, жирів – у 1,6 раза, енергетична цінність – у 1,7 раза, вміст калію – в 1,8 раза, кальцію – в 9,1 раза, заліза – в 2,4 раза, магнію – в 5,2 раза, міді – в 1,2 раза, йоду – в 1,5 раза, хрому – в 2,4 раза, селену – в 437,2 раза, поліненасичених жирних кислот – 237,9 раза.

Висновки. Соціальна значимість отриманих результатів полягає в тому, що додавання розторопші в розрахованій раціональній концентрації завдяки великому вмісту селену та флавоноїду силімарину дасть змогу підсилити антиоксидантні властивості організму, покращити захищеність печінки, шкіри й м'язової тканини від токсичних уражень отрутохімікатами, вільними радикалами та радіоактивним випромінюванням [1, с. 18].

Велика кількість кальцію в добавці з розторопші сприяє правильному формуванню кісткової тканини, підтриманню нервово-м'язової збудливості. Калій забезпечує осмотичний тиск, бере участь у передачі нервових імпульсів, регуляції водно-сольового обміну. Магній бере участь у підтриманні нормального функціонування нервової системи та серцевого м'яза, має судинорозширювальну дію, стимулює жовчовиділення. Поліненасичені жирні кислоти стимулюють захисні функції організму, підвищують його опірність

інфекційним захворюванням і впливу радіації [2, с. 24].

Розроблена технологія страв з овочів із додаванням розторопші дасть змогу покращити структуру харчування, збалансувати хімічний склад і збагатити страви дефіцитними компонентами, які відіграють важливу роль у підтриманні нормального функціонування організму. Проведені дослідження підтвердили доцільність використання розторопші плямистої як дієтичної добавки для приготування страв функціонального призначення.

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. Павлоцька Л.Ф., Дуденко Н.В. Основи фізіології, гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів: навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. 441 с.
4. Преображенський В. Сучасна енциклопедія лікарських рослин. Донецьк. 2005. 544 с.
5. Антоненко А. Наукове обґрунтування і розроблення фруктових систем як основи для солодких соусів. Товари і ринки: міжнар. наук.-практ. журн. 2009. № 2. С. 76–82.
6. 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.
7. Антоненко А.В. Оцінка якості нових соусів підвищеної харчової цінності. Товари і ринки: Міжнар. наук.-практ. журн. 2009. № 1. С. 58–62.

ТЕХНОЛОГИЯ И КАЧЕСТВО БЛЮД ИЗ ОВОЩЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТОРОПШИ ПЯТНИСТОЙ

В статье рассматриваются способы повышения пищевой ценности блюд из овощей путём добавления диетической добавки из расторопши пятнистой, которая характеризуется высоким содержанием белков, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов и минеральных веществ. Путём исследования установлено рациональное количество добавки разработан способ её использования в технологии блюд из овощей и даны рекомендации по применению расторопши в заведениях ресторанного хозяйства.

Ключевые слова: расторопшиа пятнистая, белок, витамины, минеральные вещества, технология, диетическая добавка.

TECHNOLOGY AND QUALITY OF VEGETABLE DISHES WITH USING SILYBUM MARIANUM

The article is devoted to the ways of improving nutrition value of vegetable dishes by adding into them a dietary supplement, called silybum marianum, that is noted for its high content of protein, vitamins, minerals and polyunsaturated fatty acids. Due to the experimental investigation I have estimated the rational percentage of added dietary supplement, developed ways of its usage in technology of vegetable dishes and gave recommendations how to use it in catering trade.

Key words: silybum marianum, protein, vitamins, minerals, technology, dietary supplement.

УДК 664.346

Бабенко В.І.

Національний університет харчових технологій

Бахмач В.О.

Національний університет харчових технологій

Поросюк О.В.

Національний університет харчових технологій

ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ МАЙОНЕЗНИХ ЕМУЛЬСІЙ ІЗ ЯЄЧНИМ БІЛКОМ

Метою статті є розроблення спеціального методу визначення стійкості майонезних емульсій із використанням рідкого яєчного білка. Рекомендовано рецептури майонезних соусів типу «Провансаль» на основі олій різного жирнокислотного складу з використанням яєчного білка як емульгатора. За органолептичними та фізико-хімічними показниками якості майонезні соуси з яєчним білком відповідають вимогам стандартів.

Ключові слова: майонезні соуси, рафіновані дезодоровані олії, яєчний білок, стійкість емульсії, рецептури, термостабільність.

Постановка проблеми. В Україні майонези та майонезні соуси, а також салатні соуси виробляють харчовими підприємствами в широкому асортименті. Соуси добре доповнюють і урізноманітнюють смак різних страв, надають їм соковитість, підвищують поживні та смакові властивості. Вагома частина соусів на ринку – це соуси рослинного походження, тобто без додавання молочних і яйцепродуктів. До їх складу входять вода питна, олія соняшникова рафінована дезодорована, крохмаль модифікований, цукор білий, сіль кухонна, кислота оцтова, стабілізатори (камеді: рожкового дерева, гуару, ксантану), консервант – солі сорбінової або бензойної кислот, ароматизатори яєчного жовтка та гірчиці, екстракт перцю чорного, кислота лимонна, бета-каротин тощо. Такі соуси відрізняються високими органолептичними властивостями. Хоча вони не містять рецептурних компонентів тваринного походження й характеризуються низьким вмістом вуглеводів, у них практично відсутні білки, мають незначний вміст жиру, разом із цим у них є консерванти та різні хімічні ароматизатори.

Проте основна сировина для виробництва майонезів і майонезних соусів (яйцепродукти, молокопродукти, рослинні олії) заслуговує належати до сировини, що має належну біологічну цінність. Але оскільки деякі вчені вважають, що під

час уживання цих продуктів підвищується рівень холестерину в крові, що спричиняє як ожиріння та інші хвороби, так і скорочення життя людини, виробники емульсійних продуктів змушені розробляти рецептури продуктів «без умісту холестерину», в яких використовують різні стабілізатори, смакові добавки, консерванти, що є ідентичними натуральним, але отримані шляхом хімічного синтезу. Такі компоненти не тільки знижують біологічну цінність майонезних соусів, а й можуть бути навіть небезпечними для здоров'я людини.

Тому перспективним напрямом під час виробництва емульсійних продуктів є пошук і використання вітчизняних натуральних рецептурних інгредієнтів, що підвищують біологічну цінність емульсійного продукту, сприяють утворенню не тільки необхідної консистенції та високої стійкості емульсії. Для цього необхідно розробляти спеціальний метод визначення стійкості емульсії, оскільки цей важливий показник якості майонезних емульсій не завжди можна визначити за стандартною методикою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Один із основних показників якості майонезних продуктів, а саме стійкість емульсії, визначають у відсотках незруйнованої емульсії за об'ємом. За відомою методикою визначення стійкості емульсії [1, с. 4], скляну пробірку заповнюють майонезною емульсією до

верхньої поділлки 10 мл, розміщують у центрифугу та центрифугують 5 хв. зі швидкістю 1500 хв⁻¹. Потім пробірку витримують у киплячій воді протягом 3 хв. і знову центрифугують протягом 5 хв., розраховують відсоток незруйнованої емульсії.

Ця методика не може бути використана для майонезних емульсій за розробленими рецептурами з використанням рідкого яєчного білка як емульгатора, оскільки під час нагрівання маси в пробірці за температури кипіння води 100°C яєчний білок денатурується і згорнута маса виштовхується з пробірки, що не дає змоги взагалі визначити показник стійкості емульсії.

Вивченню складу та властивостей білка курячих яєць приділялось багато уваги дослідників. За даними [2, с. 40], рідкий яєчний білок містить 87,9% вологи, 10,6% білку, 0,9% вуглеводнів, у ньому практично відсутній жир. Яєчні білки містять не холестерин, а речовини, які сприяють зменшенню рівня «поганого» холестерину в крові [3, с. 169]. При цьому білок містить вуглеводи, мінеральні речовини, протеїн і важливі амінокислоти, що організм людини самостійно синтезувати не може; вітаміни групи В, зокрема біотин. Без тваринного білка неможливе живлення й оновлення клітин і тканин організму. Яєчний білок – низькокалорійне джерело повноцінних білків. У 100 г яєчного білка міститься близько 50 ккал і 11 г протеїну, тоді як у молоці, відповідно, 69 ккал і 4 г, в яловичині середньої жирності – 218 ккал і 17 г. Білок на 93,7% засвоюється організмом людини (для риби цей показник – 76%, для яловичини – 73,3%, для квасолі – всього 58%) [3, с. 170].

Білок курячого яйця прийнятий як еталон біологічної цінності для людини, завдяки його оптимальному амінокислотному складу й високому рівню засвоюваності. З погляду хімічного складу яєчні продукти являють собою складну структуру, основою якої є протеїново-фосфоліпідний комплекс, при цьому протеїни є високомолекулярними ПАВ, а фосфоліпіди – низькомолекулярними. У молекулі білка є ділянки з ковалентними (роз-

чинними в олії) й іонними (розчинними у воді) зв'язками. Прикладами можуть слугувати амінокислоти, триптофан і фенілаланін у білковій молекулі [3, с. 170].

Білок і жовток яйця мають різний склад протеїнів. Білок складається в основному з білків, до яких входять овоальбумін, овокональбумін, овоглобулін, лізоцим тощо. Ці протеїни мають такі функціональні властивості білка для виробництва майонезів [4, с. 29], як розчинність у водній фазі, здатність до диспергування, а також бактерицидну дію (лізоцим).

Зважаючи на поверхнево-активні властивості рідкого яєчного білка та відсутність у його складі холестерину, виникає необхідність розроблення рецептур майонезних соусів на основі рідких олій різного жирнокислотного складу з використанням рідкого яєчного білка як емульгатора. А для оцінювання стійкості емульсії таких майонезних продуктів необхідно розробити спеціальний метод визначення стійкості емульсії.

Постановка завдання. У статті подано розроблення спеціального методу визначення стійкості майонезних емульсій на основі рідких олій різного жирнокислотного складу з використанням рідкого яєчного білка за рекомендованими рецептурами.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час розроблення спеціального методу визначення стійкості майонезних емульсій із використанням рідкого яєчного білка як емульгатора, а також рецептур майонезних соусів для їх приготування використано зразки рідких рослинних олій з різним жирнокислотним складом: олія соняшникова рафінована дезодорована ТМ «MIGROS» (Швейцарія) (вироблена з традиційного насіння, вирощеного в Україні), олія соняшникова рафінована дезодорована високоолеїнова BIO ТМ «COOP» (Швейцарія), олія арахісова рафінована дезодорована ТМ «MIGROS» (Швейцарія) та олія ріпакова високоолеїнова рафінована дезодорована ТМ «MIGROS» (Швейцарія).

Таблиця 1

Груповий жирнокислотний склад зразків рафінованих дезодорованих олій

№ з/п	Назва	Олія рафінована дезодорована			
		Соняшникова MIGROS	Соняшни-кова високо-олеїнова BIO COOP	Арахісова MIGROS	Ріпакова високо-олеїнова MIGROS
1	Насичені кислоти, %	11,5	9,2	20,7	6,9
2	Мононенасичені кислоти, %	27,6	83,9	58,6	80,5
3	Поліненасичені кислоти, %	60,9	6,9	20,7	12,6

Груповий жирнокислотний склад зразків рафінованих дезодорованих олій за даними виробників подано в таблиці 1.

У лабораторії кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів НУХТ визначали основні показники якості зразків рафі-

Таблиця 2

Показники якості зразків рафінованих дезодорованих олій

№ з/п	Найменування показників	Олія рафінована дезодорована			
		соняшникова MIGROS	соняшникова високо-олеїнова BIO COOP	арахісова MIGROS	ріпакова високо-олеїнова MIGROS
1	Прозорість	Прозора, без осаду	Прозора, без осаду	Прозора, без осаду	Прозора, без осаду
2	Смак і запах	Смак знеособленої олії, без запаху	Смак знеособленої олії, без запаху	Смак знеособленої олії, без запаху	Смак знеособленої олії, без запаху
3	Колірне число, мг J ₂	10	5	10	5
4	Кислотне число, мг КОН /г	0,36	0,31	0,29	0,26
5	Перексидне число, ½ Омоль/кг	4,5	3,4	3,5	2,6

Таблиця 3

Розроблені рецептури майонезних соусів типу «Провансаль» із рідким яєчним білком

№ з/п	Назва компонента	Зразки майонезних соусів			
		1	2	3	4
1	Рафінована дезодорована соняшникова олія MIGROS, %	65	-	-	-
2	Рафінована дезодорована високоолеїнова соняшникова олія BIO COOP, %	-	65	-	-
3	Рафінована дезодорована арахісова олія MIGROS, %	-	-	65	-
4	Рафінована дезодорована ріпакова високоолеїнова олія MIGROS, %	-	-	-	65
5	Рідкий яєчний білок, %	4	4	4	4
6	Гірчиця готова, %	3	3	3	3
7	Цукор-пісок, %	1,5	1,5	1,5	1,5
8	Сіль, %	1	1	1	1
9	Кислота оцтова (9%), %:	3,5	3,5	3,5	3,5
10	Вода, %	до100	до100	до100	до100

Таблиця 4

Органолептичні та фізико-хімічні показники майонезних соусів із використанням рідкого яєчного білка

№ з/п	Назва показника	Зразки майонезних соусів			
		1	2	3	4
1	Консистенція, зовнішній вигляд	Однорідний сметаноподібний продукт			
2	Смак і запах	Притаманний майонезному продукту типу «Провансаль»			
3	Колір	Біло-кремовий однорідний			
4	Масова частка жиру, %	65,5	65,5	65,5	65,5
5	Масова частка яєчних продуктів, у тому числі ферментованих, у перерахунку на сухий яєчний жовток, %	Практично відсутні			
6	Масова частка вологи, %	30,1	30,1	30,1	30,0
7	Кислотність, %, у перерахунку на оцтову кислоту	0,37	0,39	0,38	0,36
8	Стійкість емульсії за спеціальною методикою, % незруйнованої емульсії	99	99	98	98

нованих дезодорованих олій за стандартними методиками.

Показники якості зразків рафінованих дезодорованих олій подано в таблиці 2.

Згідно з даними, наведеними в таблиці 2, зразки за основними показниками якості відповідають вимогам і не перевищують норми показників, установлених стандартами України для рафінованих дезодорованих олій.

Майонезні емульсії готували на основі зазначених олій за розробленими рецептурами [2, с. 40] у лабораторних умовах за традиційною методикою. За рецептурою зважені смакові добавки (сіль, цукор, готову гостру гірчицю) змішували блендером з водою при температурі 25°C до однорідної маси в хімічному стакані. Постійно перемішуючи, вводили рідкий яєчний білок, що одержували шляхом сепарування від жовтка курячих яєць з однієї партії. Наступну стадію – емульгування – проводили з охолодженою до +5°C рафінованою дезодорованою олією відповідного зразка, вводячи олію невеликими порціями.

На завершальній стадії змішування майонезної емульсії з кислотою додавали краплями. Потім декілька хвилин проводили завершальне перемішування майонезного соусу.

У виготовлених зразках досліджували зміну стійкості емульсії за умов центрифугування протягом 2–7 хвилин при частоті обертання 3000 хв⁻¹ за температури 25°C (рис. 1).

За отриманими даними (рис. 1), для розробленої методики визначення стійкості обираємо час центрифугування 5 хв. при частоті обертання 3000 хв⁻¹.

З літературних джерел відомо, що денатурація білка курячих яєць відбувається на різних температурних рівнях, але починається при температурі

55°C. Для яєчного білка діапазони температур пастеризації встановлюють 56–58°C. Тому для вивчення термостабільності майонезних емульсій з використанням рідкого яєчного білка курячих яєць обрано температуру 55 ± 1°C.

На другому етапі досліджено термостабільність майонезних емульсій з використанням рідкого яєчного білка курячих яєць при температурі 55 ± 1°C з попереднім і наступним центрифугуванням протягом 5 хв. (рис. 2).

За даними графіка, для розробленої методики визначення стійкості з урахуванням термостабільності приймаємо 10 хв. – час витримування в термостаті при 55 ± 1°C.

Отже, розроблена спеціальна методика визначення стійкості емульсії (у відсотках незруйнованої емульсії) передбачає попереднє центрифугування зразка майонезної емульсії в скляній пробірці, що заповнюють до верхньої поділки 10 мл, протягом 5 хв. при частоті обертання 3000 хв⁻¹. і витримування в термостаті протягом 10 хв. при 55 ± 1°C з остаточним центрифугуванням протягом 5 хв.

За розробленою методикою, за остаточний результат визначення беруть середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень. Обчислення проводять до першого десяткового знака з подальшим зведенням результату до цілого числа.

Методом статистичного оброблення визначено, що розбіжність між двома паралельними визначеннями за достовірної ймовірності 0,95 не перевищує 2,0% (абс). Межа можливих значень похибки вимірювання за достовірної ймовірності 0,95 становить ±3,0 (абс).

У майонезних соусах типу «Провансаль», що вироблялися за розробленими рецептурами на основі олій із різним жирнокислотним складом з

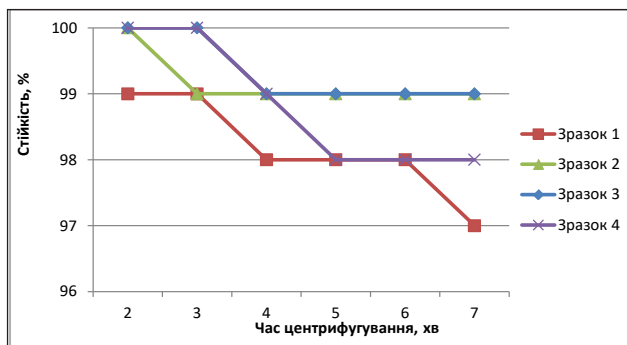


Рис. 1. Зміна стійкості емульсії зразків майонезних соусів з рідким яєчним білком і масовою часткою олії 65% при центрифугуванні 2–7 хв.

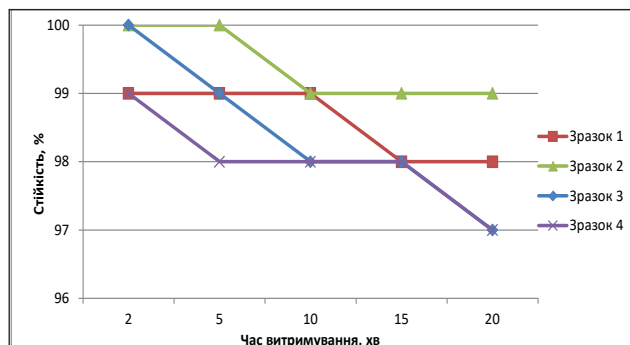


Рис. 2. Зміна стійкості емульсії в зразках майонезних соусів з рідким яєчним білком і масовою часткою олії 65% при витримуванні 2–20 хв. у термостаті 55 ± 1°C з попереднім і наступним центрифугуванням 5 хв. при 3000 хв⁻¹

використанням рідкого яєчного білка як емульгатора, визначали основні органолептичні та фізико-хімічні показники якості за стандартними методиками за винятком показника стійкості емульсії, що визначали за розробленим спеціальним методом.

Результати досліджень майонезних соусів з використанням рідкого яєчного білка подано в таблиці 4.

З даних таблиці 4 видно, що майонезні соуси на основі олій різного жирнокислотного складу з рідким яєчним білком за органолептичними та фізико-хімічними показниками якості відповідають вимогам ДСТУ 4487:2015 «Майонези та майонезні соуси. Загальні технічні умови».

Висновки. З викладеного вище можемо підсумувати таке. Розроблено спеціальний метод визна-

чення стійкості емульсії (у відсотках незруйнованої емульсії) для майонезних емульсій на основі рідких олій різного жирнокислотного складу з рідким яєчним білком, що передбачає попереднє центрифугування зразка майонезної емульсії в пробірці протягом 5 хв. при 3000 хв⁻¹. при температурі 25 оС та витримування в термостаті 10 хв. при 55 ± 1°С з остаточним центрифугуванням 5 хв.

Рекомендовано рецептури майонезних соусів типу «Провансаль» на основі олій різного жирнокислотного складу з рідким яєчним білком.

Показано, що майонезні соуси на основі олій різного жирнокислотного складу з рідким яєчним білком за показниками якості відповідають вимогам чинного ДСТУ 4487:2015.

Список літератури:

1. ДСТУ 4560:2006 «Майонези. Правила приймання та методи випробування» [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 16 с.
2. Бабенко В.І., Бахмач В.О., Прудіус О.А. Технологія майонезів на основі яйце продуктів. Продукты & Ингредиенты. 2012. № 1. С. 40–41.
3. Бабенко В.І., Бахмач В.О., Строй І.І. Використання натуральних емульгуючих компонентів в технології майонезів. Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції: програма та матеріали VI Міжнар. наук.-техн. конф. Київ, 2015. С. 169–170.
4. Бахмач В.О., Пешук Л.В. Удосконалення технології майонезів з використанням рослинної сировини. Харчова промисловість. 2015. Вип. 18. С. 27–31.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ МАЙОНЕЗНОЙ ЭМУЛЬСИИ С ЯИЧНЫМ БЕЛКОМ

Целью статьи является разработка специального метода определения стойкости майонезных эмульсий с использованием жидкого яичного белка. Рекомендованы рецептуры майонезных соусов типа «Провансаль» на основе масел различного жирнокислотного состава с использованием яичного белка как эмульгатора. По органолептическим и физико-химическим показателям качества майонезные соусы с яичным белком отвечают требованиям стандартов.

Ключевые слова: майонезные соусы, рафинированные дезодорированные масла, яичный белок, стойкость эмульсии, рецептуры, термостабильность.

DETERMINING THE STABILITY OF MAYONNAISE EMULSIONS BASED ON LIQUID EGG WHITE

The aim of the work was the development of a special method for determining the stability of mayonnaise emulsions based on liquid egg white. We propose mayonnaise sauce recipes of type “Provansal” using oils with different fatty acid composition and egg white as an emulsifier. Organoleptic and physico-chemical quality characteristics of mayonnaise sauces based on egg white meet the requirements of standards.

Key words: mayonnaise sauces, refined deodorized oils, egg white, stability of the emulsion, formulations, thermostability.

УДК 664.1-663

Бажай-Жежерун С.А.

Національний університет харчових технологій

Береза-Кіндзерська Л.В.

Національний університет харчових технологій

Тогачинська О.В.

Національний університет харчових технологій

ПЛАСТІВЦІ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ НА ОСНОВІ БІОЛОГІЧНО АКТИВОВАНОГО ЗЕРНА

У статті обґрунтовано застосування режиму гідротермічного оброблення зерна за температури 12–16°C. За цих умов відбувається активізація ферментного комплексу, зниження густини зерна та підвищення його питомого об'єму; активізація синтезу вітамінів і вітаміноподібних речовин. Визначено вміст вітамінів у зерні пшениці, голозерного вівса і тритикале, досліджено їх основні показники харчової цінності. Із застосуванням розрахункового методу харчової комбінаторики розроблено низку рецептур сумішей пластівців, підготовлено дослідні зразки готових продуктів і досліджено їх основні показники якості. Розраховано забезпечення добової норми вітамінів та основних енергогенних речовин за рахунок споживання суміші пластівців із біологічно активованого зерна.

Ключові слова: біологічне активування, зерно, пшениця, тритикале, овес, харчова цінність.

Постановка проблеми. Зернові продукти є основними й незамінними компонентами харчового раціону, вони містять низку есенціальних речовин, необхідних для забезпечення нормальної життєдіяльності організму людини.

Провідне місце харчових продуктів на зерновій основі в харчуванні населення України ставить перед технологами мету – досягти підвищення їх функціональної значимості. Досить інтенсивно розробляються технології й розширюється асортимент нових збагачених функціональних харчових продуктів на основі зернових культур.

Широкого розповсюдження набувають пластівці та крупи швидкого приготування. Інтерес споживачів до цього виду круп'яних продуктів пояснюється можливістю швидкого приготування цих продуктів і кращими харчовими і смаковими властивостями, порівно з традиційними крупами. Класичним видом злаків для виробництва пластівців є овес. Останнім часом для виробництва пластівців застосовують також деякі інші злакові культури – жито, пшеницю, ячмінь, а також кукурудзу, просо, гречку. Це дає змогу розширити асортимент продукції, підвищити її харчову цінність.

Одним із корисних і смачних видів зернової продукції є мюслі, основою яких є пластівці кількох злаків, доповнені фруктовими та овочевими компонентами. Так, досить вдалим є продукти, у яких передбачено поєднання злакових пластівців з різним оригінальним наповненням, яке становить від 30% до 50% продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Базовим продуктом, що є основою для виробництва круп плющених і пластівців, є крупи неподрібнені. Крупи плющені отримують із круп неподрібнених, які пропарюють і плющать. Пластівці виробляють із круп неподрібнених вищого сорту при їх додатковому очищенні, пропарюванні та плющенні [1].

Дослідженнями встановлено, що регулярне споживання цільного зерна та продуктів на його основі сприяє зниженню ризику захворювань серцево-судинної і травної систем організму, розвитку діабету [2; 3]. Такий вплив зумовлений наявністю в цільнозернових продуктах деяких біологічно активних компонентів: вітамінів, мінеральних сполук, харчових волокон, які здатні підвищувати імунітет та адаптаційні можливості людини, поліпшувати діяльність шлунково-

кишкового тракту, органів і систем, знижувати розвиток метаболічного синдрому [4]. Доведено, що цінні складні комплекси БАР, які містяться в продуктах на основі цільного зерна, є кориснішими, ніж окремі ізольовані компоненти [5]. Периферійні частини зерна, оболонки та алейроновий прошарок, зародок містять значно більшу кількість цінних мікронутрієнтів, порівняно з крохмальним ендоспермом, зокрема вітамінів і вітаміноподібних сполук, фенольних сполук, фітостеролів лігнанів, харчових волокон, які характеризуються високою біологічною активністю [6; 7].

Останнім часом розробляються нові технології нетрадиційного перероблення зерна злакових культур, які передбачають процес пророщування. Пророщування як метод біологічної активації застосовують для підвищення харчової цінності зернової та інших видів сировини.

Під час проростання зерна пшениці збільшується біодоступність харчових сполук шляхом часткового гідролізу крохмалю, білків, геміцелюлози й целюлози; підвищення вмісту вітамінів та інших біологічно активних речовин. Окрім того, активність деяких антиаліментарних речовин (інгібіторів ферментів, гемаглютиніну) під час проростання знижується, що сприяє повному засвоєнню цінних нутрієнтів зерна [8].

Науковці пропонують отримувати борошно підвищеної харчової цінності, зокрема з поліпшеним амінокислотним, мінеральним і жирнокислотним складом із зерна, пророщеного в розчинах морської солі [9].

Біологічно активоване зерно пшениці, яке містить значну кількість вітамінів і клітковини, рекомендують застосовувати для збагачення хліба. Застосування біологічно активованого зерна пшениці в хлібопеченні дає можливість підвищити біологічну цінність хлібобулочних виробів [10].

Досліджено, що включення пророщеного зерна пшениці до рецептури хліба в кількості 15% дає змогу отримати продукт із хорошими органолептичними й технологічними характеристиками [11]. Науковцями розроблено новий вид зернового хліба з пророщеного зерна пшениці, який має високі показники якості, зокрема підвищений питомий об'єм формового хліба, рівномірну добре розвинену пористість м'якушки, покращені мікробіологічні показники, подовжений термін зберігання [12]. Вітчизняними науковцями й ученими Білорусі розроблено низку способів перероблення біологічно активованого зерна, цінної сировини, для виробництва борошна, круп та інших продуктів оздоровчого спрямування [13; 14].

Розроблено технологію пластівців з червоною рису, яка передбачає використання цільного зерна, вимоченого протягом кількох днів, що сприяє підвищенню харчової цінності й засвоюваності сировини [15].

У літературі відсутні дані щодо можливості виробництва пластівців на основі цільного біологічно активованого зерна пшениці, голозерного вівса і тритикале.

Постановка завдання. Розширення сировинної бази для виробництва продуктів оздоровчого спрямування, а також застосування щадних методів підготовки й оброблення сировини є пріоритетним завданням технологів харчової промисловості.

Метою роботи є наукове і практичне обґрунтування доцільності використання цільного біологічно активованого зерна пшениці, голозерного вівса і тритикале для виробництва суміші пластівців підвищеної харчової цінності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відомо, що гідротермічне оброблення підвищує харчову та біологічну цінність зерна. Параметрами, що визначають режим ГТО, є вологість, температура, тиск і тривалість. Застосовують три різні методи: холодне, гаряче і швидкісне кондиціонування.

У круп'яному виробництві гідротермічне оброблення використовують для підвищення виходу крупи. За традиційних режимів холодного кондиціонування гідротермічне оброблення передбачає зволоження зерна і тривале відволожування протягом 4–8 чи 16–24 год., залежно від типу зерна, до вологості 15,5–17% за температури від 30 до 40°C. Також режими гідротермічного оброблення передбачають пропарювання під тиском і перування зерна [16]. Таке нагрівання не сприяє синтезу вітамінів у зерні.

Нами запропоновано режим гідротермічного оброблення – холодного кондиціонування за температури 12–18°C в три цикли, кожен із яких включає інтенсивне зволоження зерна протягом 4 год. з наступним відволожування протягом 4–6 год. загальною тривалістю 24–30 год., який сприяє підвищенню вологості зерна до 30–35%, що зумовлює активізацію ферментного комплексу. Унаслідок інтенсифікації ферментативних процесів відбувається частковий гідроліз вуглеводів і білків, зміна конформації білкових макромолекул, активізація синтезу вітамінів і вітаміноподібних речовин. За вказаного оброблення суттєво збільшується вміст водорозчинних і жиророзчинних вітамінів, вітаміноподібних речовин. Унаслідок активізації ферментного комплексу відбуваються

біологічні зміни в структурі зерна, воно починає проростати, перебуває в так званому «пробудженому стані». Тому ми назвали гідротермічне оброблення зерна за нового, запропонованого нами режиму біологічним активуванням зерна.

Нами проведено низку досліджень щодо вмісту біологічно активних речовин у зерні пшениці, голозерному вівсі і тритикале; визначено основні показники харчової цінності цих злакових культур (таблиця 1).

Нами досліджено, що за вказаного оброблення суттєво збільшується вміст водорозчинних вітамінів: кількість тіаміну та рибофлавіну зростає у 2–2,5 рази; вміст пантотенової кислоти, піридоксину, нікотинової кислоти й інозиту збільшується

у 1,5–2 рази (залежно від сорту зерна), порівняно з зерном нативним. Суттєво підвищується вміст вітамінів антиоксидантів (таблиця 2).

Отже, вміст вітамінів у цільному біологічно активованому зерні злакових культур значно вищий порівняно із зерном нативним.

Нами досліджено, що цільне біологічно активоване зерно пшениці, голозерного вівса і тритикале містить значну кількість харчових волокон—2,4–2,7%, які заводуотримувальною здатністю належать до групи середньоводозв'язуючих, що зв'язують від 2 до 8 г води/г харчових волокон. Відомо, що харчові волокна є природними харчовими сорбентами, які здатні адсорбувати токсичні речовини, солі важких металів, радіонукліди,

Таблиця 1

Порівняльний хімічний склад основних нутрієнтів зерна

Зразок зерна		Харчова цінність, г/100 г		
		Білки	Жири	Вуглеводи
Нативне зерно	Пшениця	12,3	1,91	68,4
	Голозерний овес	13,4	8,13	40,71
	Тритикале	12,7	2,94	62,4
Зерно після ГТО	Пшениця	10,6	2,52	54,12
	Голозерний овес	11,7	8,74	36,83
	Тритикале	10,2	3,72	50,31

Таблиця 2

Уміст вітамінів С, Е та Р у зерні злакових культур

Зернова культура	Уміст вітаміну Р, мг%	Уміст вітаміну Е, мг%	Уміст вітаміну С, мг%
Нативне зерно			
Пшениця	3,9	0,34	2,6
Овес	3,4	0,21	1,2
Тритикале	4,5	0,47	2,3
Зерно біологічно активоване			
Пшениця	9,3	10,73	5,7
Овес	7,9	9,26	3,8
Тритикале	9,2	10,82	4,1

Таблиця 3

Рецептури суміші пластівців і характеристика їх харчової цінності й органолептичних показників

№	Рецептурні компоненти			Харчова цінність				Уміст вітамінів, мг%		Органолептичні показники готового продукту
	Пшениця	Овес голозерний	Тритикале	Білки	Жири	Вуглеводи	Енергетична цінність, ккал	Е	Р	
1	15	50	35	12,85	4,58	46,25	277,45	11,75	8,57	Каша в'язка, не достатньо розсипчаста, запах і смак властивий цьому продукту
2	20	45	35	12,68	4,38	47,26	279,2	11,65	8,64	Каша в міру розсипчаста, приємний смак і запах варених пластівців
3	25	40	35	12,51	4,18	48,26	280,74	11,55	8,74	Каша в міру розсипчаста, приємний смак і запах варених пластівців
4	30	30	40	12,22	3,79	50,17	283,67	11,36	8,84	Каша в міру розсипчаста, приємний смак і запах варених пластівців
5	35	35	30	12,29	3,96	49,37	282,42	11,45	8,78	Каша твердувата при прожовуванні, запах і смак, властиві цьому продукту

жовчні кислоти, холестерин, а також позитивно впливають на процеси травлення, займають значний об'єм у кишечнику та підсилюють його перистальтику.

Уміст мінеральних сполук у цільній зерновій сировині з непорушеними плодовими та насінними оболонками, алейроновим шаром значно вищий, порівняно із зерном, яке традиційно застосовується для виготовлення пластівців.

Нами розроблено рецептури сумішей пластівців, підготовлено дослідні зразки готових продуктів і досліджено їх основні показники якості (таблиця 3).

Експериментально встановлено, що готовий продукт, отриманий із суміші пластівців, яка включає 30% зерна вівса, є в міру розсипчастим, має приємний смак і запах варених пластівців. При збільшенні вмісту вівса до 40% відмічено нормальну розсипчастість, структура каші однорідна по всій масі. При збільшенні масової частки вівса до 45% розсипчастість і структура каші не змінюються. Збільшення масової частки вівса до 50% зумовлює підвищення в'язкості каші, внаслідок збільшення вмісту геміцелюлози, розсипчастість знижується, що не є доцільним. Оптимальний уміст вівса в суміші пластівців – 30–45%.

Досліджено, що готовий продукт, отриманий із суміші пластівців, яка містить 20% зерна пшениці, має відмінні органолептичні показники: каша в міру розсипчаста, приємний смак і запах варених пластівців. При збільшенні масової частки зерна пшениці до 30% структура каші залишається

м'якою, легкою для прожовування, має приємний смак і запах варених пластівців. Збільшення масової частки зерна пшениці до 35% зумовлює більш жорстку структуру каші, що пояснюється вищою щільністю оболонкових частин зерна пшениці порівняно із зерном голозерного вівса і тритикале, що є не доцільним. Отже, вміст зерна пшениці в суміші пластівців повинен становити 20–30%.

З огляду на наші дослідні дані й застосовуючи розрахунковий метод харчової комбінаторики [17], розраховано відсотковий уміст рецептурних компонентів суміші, який забезпечує найбільшу кількість вітамінів групи В, вітамінів С та Е, інозиту в готовому продукті; амінокислотний склад максимально збалансований щодо статистично обґрунтованого білкового еталону, а також дає змогу отримати відмінні органолептичні та фізико-хімічні показники готового продукту. Отже, оптимальним є склад суміші пластівців, що містить співвідношення масових часток компонентів : 20–30% пшениці, 30–45% голозерного вівса, 35–40% тритикале. Пластівці мають високу харчову цінність, хороші органолептичні показники.

З урахуванням законодавчо затверджених норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії [18] виконано розрахунок забезпечення добової норми (ДН) у вітамінах та основних речовинах за рахунок споживання суміші пластівців із біологічно активованого зерна. Кількісні показники наведено в таблицях 4, 5.

Таблиця 4

Забезпечення добової потреби у вітамінах на 100 г суміші пластівців

Вітамін	Уміст у суміші пластівців, мг	Норми споживання, мг		Забезпеченість ДН, %	
		Чоловіки	Жінки	Чоловіки	Жінки
Е	11,5	17	15	67,6	76,6
Р	8,7	50		17,4	17,4
С	4,2	70		6	6

Таблиця 5

Харчова й енергетична цінність суміші пластівців

Показник	Суміш пластівців	Добові норми споживання		Забезпечення добової норми, %	
		Чол.	Жін.	Чол.	Жін.
Білки, г	12,4	67	55	18,5	22,5
Жири, г	4,03	68	56	5,92	7,19
Вуглеводи, г	Крохмаль	52,7	392	13,4	16,4
	Харчові волокна	2,7	20		13,5
Енергетична цінність, ккал	327	2450	2000	13,34	16,35

Отже, з огляду на добову потребу дорослого населення у вітамінах, 100 г суміші пластівців дає змогу задовольнити потребу у вітаміні Е на 67–76%, у вітаміні Р – на 17,4%, у вітаміні С – на 6%. Отримані результати свідчать, що суміш пластівців із пророщеного зерна пшениці, вівса і тритикале є функціональним продуктом.

Установлено, що ступінь забезпечення добової потреби дорослого населення першої групи інтенсивності праці в макронутрієнтах за рахунок споживання 100 г злакових пластівців становить: білки – 18–22%, жири – 5–7%, вуглеводи – 13–16%, харчові волокна – 13,5%.

Висновки. Біологічно активоване зерно злакових культур з непорушеною структурою, без

відділення оболонки є джерелом макронутрієнтів, вітамінів, мінеральних сполук, природних харчових сорбентів. Отримані результати мають практичне значення, оскільки дають змогу рекомендувати використання біологічно активованого зерна пшениці, тритикале, голозерного вівса для виробництва інноваційних харчових продуктів. Створення суміші пластівців на основі біологічно активованого зерна пшениці, вівса і тритикале є доцільним, дає можливість розширити асортимент оздоровчих продуктів на зерновій основі, а також сприяє розширенню асортименту пластівців функціонального призначення та лікувально-профілактичного призначення.

Список літератури:

1. Егоров Г.А., Петренко Т.М. Технология муки и крупы. Москва: Издательский комплекс МГУПП, 1999. 180 с.
2. Anderson J.W. Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease. *Proc. Nutr. Soc.* 2003. P. 135–142.
3. Okarter N. Health benefits of whole grain phytochemicals. *Crit Rev. Food Sci Nutr.* 2010. P. 193–208.
4. Adom K.K., Sorrells R.H. Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Wheat Varieties. *J. Agric. Food Chem.* 2003. P. 7825–7834.
5. Liu R.H. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *J. Nutr.* 2004. P. 3479–3485.
6. Liukkonen K.H., Katina K., Wilhelmsson A., Myllymäki O., Lampi A.M. *Proc. Nutr. Soc.* 2003. P. 117–122.
7. Jacobs D.R., Pereira M.A., Stumpf K., Pins J.J. Whole grain food intake elevates serum enterolactone. *Br. J. Nutr.* 2002. P. 111–116.
8. Jan A. Delcour, R. Carl Hosney. Principles of Cereal Science and technology. Edition, Minor Constituents, Chapter. 2010. P. 280.
9. Кравченко М., Криворучко М., Поп Т. Якість борошна із зерна пшениці, пророщеного у розчині морської харчової солі. *Товари і ринки.* 2012. № 2. С. 106–110.
10. Цапалова, И.Э., Сотников О.М. Повышение биологической ценности хлеба путем биоактивации зерна пшеницы. Влияние проращивания на химический состав и качество клейковины. *Хлебопечение России.* 1999. № 6. С. 26–27.
11. Iordan M., Stoica A., Corina E. Popescu. Changes in quality indices of wheat bread enriched with biologically active preparations. *Annals food science and technology.* 2013. V. 14 (2). P. 165–170.
12. Корячкина С.Я., Кузнецова Е.А. Инновационная технология хлеба из пророщенного зерна пшеницы. *Хранение и переработка зерна.* 2009. № 3. С. 51–53.
13. Sharshunov V.A., Urbanchyk E.N., Kasyanova L.A. Biotechnology techniques for a more efficient use of the cereal resources of Belarus. *Vesti National Academy of Sciences of Belarus.* 2012. № 1. P. 101–106.
14. Simakhina G.A., Bazhay-Zhezherun S.A., Mykoliv T.I., Bereza-Kindzerska L.V., Antoniuk M.M. The Use Of The Biologically Activated Grain Is In Technology Of Health Products. *East European Scientific Journal.* 2017. Vol. 4. P. 147–153.
15. Kanchana A., Arun A. A Research On Reminiscence and Acclimation of Oryza Sativa Flakes. *Snacks Among Adolescents Current Research in Nutrition and Food Science.* 2017. Vol. 5 (3). P. 330–337.
16. Егорова Е.Ю., Обрезкова М.В., Гурьянов Ю.Г. Зерно и зернопродукты: зерно, мука, крупы. *Технология и оценка качества.* Бийск: БТИ АлтГТУ, 2011. 141 с.
17. Научные принципы конструирования комбинированных продуктов питания: методические указания и контрольные задания / под ред. Н.В. Колесникова. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005. 45 с.
18. Про затвердження норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 2017 № 1206/31074.

ХЛОПЬЯ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОГО ЗЕРНА

Обосновано применение режима гидротермической обработки зерна при температуре 12–16°C. В этих условиях происходит активизация ферментного комплекса, снижение плотности зерна и повышение его удельного объема; активизация синтеза витаминов и витаминоподобных веществ. Определено содержание витаминов в зерне пшеницы, голозёрного овса и тритикале, исследованы их основные показатели пищевой ценности. С применением расчетного метода пищевой комбинаторики разработан ряд рецептур смесей хлопьев, подготовлены опытные образцы готовых продуктов и исследованы их основные показатели качества. Рассчитано обеспечение суточной нормы витаминов и основных энергогенных веществ за счет потребления смеси хлопьев с биологически активированного зерна.

Ключевые слова: биологическая активация, зерно, пшеница, тритикале, овес, пищевая ценность.

FLAKES OF HIGH NUTRITIONAL VALUE ARE ON THE BASIS OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE GRAIN

The application of the regime of hydrothermal grain processing at temperature 12–16 °C is substantiated. Under these conditions activation of the enzyme complex, reduction of grain density and increase of its specific volume occurs; activation of synthesis of vitamins and vitamin-like substances. The content of vitamins in wheat grain, bare grain oat and triticale has been determined, and their main indicators of food value have been investigated. With the use of the calculated method of food combinatorics, we developed a series of formulations of flake mixtures, prepared experimental samples of finished products and studied their main quality indicators. Providing of day's norm in vitamins and basic energygenic substances has been calculated due to the consumption of mixture of flakes from the biologically activated grain.

Key words: biologically activated, grain, wheat, triticale, oats, food value.

УДК 637.5:574.2

Божко Н.В.

Сумський національний аграрний університет

Тищенко В.І.

Сумський національний аграрний університет

Пасічний В.І.

Національний університет харчових технологій

Крижська Т.А.

Сумський національний аграрний університет

СТАБІЛІЗАЦІЯ ЛІПІДІВ ВАРЕНО-КОПЧЕНИХ КОВБАС ІЗ М'ЯСОМ КАЧКИ В ПРОЦЕСІ ЇХ ЗБЕРІГАННЯ

У статті подано результати досліджень про ефективність екстракту розмарину в стабілізації ліпідів варено-копчених ковбас із м'ясом качки під час зберігання. Проведені дослідження підтверджують високу антиоксидантну активність екстракту розмарину та його здатність ефективно гальмувати процес окислення ліпідів у складі варено-копченої ковбаси з м'яса качки. Унесення екстракту розмарину в кількості 0,05–0,15% уповільнює гідролітичне окислення ліпідів фаршу на 29,75–40%. Кількість вторинних продуктів окислення, що реагують з тіобарбітуровою кислотою, була найменшою в кінці терміну зберігання фаршу в зразку з концентрацією композиції 0,15% і становила $0,117 \pm 0,12$ мг МА/кг, що у 8,8 разів нижче порівняно з контролем. Це дає змогу рекомендувати концентрацію екстракту розмарину для внесення у фарш варено-копчених ковбас, що становить 0,15% від маси сировини.

Ключові слова: окислення ліпідів, екстракт розмарину, варено-копчена ковбаса, м'ясо качки.

Постановка проблеми. Водоплавна птиця – гуси, звичайні й мускусні качки та їх міжвидовий гібрид – муларди, завдяки високій здатності пристосовуватися до різних кліматичних умов, витривалості, невибагливості до умов утримання й годівлі, стійкості до хвороб, широкому асортименту одержуваної продукції набули широкого розповсюдження в усьому світі. Особливо цінується її здатність давати продукцію в екстенсивних умовах, тому в багатьох країнах, що розвиваються, вона слугує одним із основних джерел тваринних білків. Водночас у розвинених країнах продукція водоплавної птиці частіше використовується для розширення асортименту м'ясної продукції і як делікатесна [1; 2].

У світовому виробництві м'яса птиці м'ясо водоплавної птиці становить 7,2%, в тому числі м'ясо качок – 4,2%, їх частка у валовому виробництві м'яса птиці має стійку тенденцію до зростання. Якщо за останні 10 років виробництво м'яса птиці в світі загалом зросло на 28,3%, то м'ясо качок – на 39,9% [3].

В Україні також існує перспектива отримання й використання м'яса водоплавної птиці, що тільки набуває широкого розповсюдження, проте це м'ясо за комплексом фізико-хімічних, функціонально-технологічних показників, харчової та біологічної цінності є перспективною сировиною для м'ясної промисловості.

Особливістю ліпідної фракції м'яса водоплавної птиці, в тому числі й качок, є високий вміст поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) – до 20% [4, с. 74], що створює ризик його окислювального псування як при самостійному використанні цього виду м'яса, так і при внесенні в рецептури різних м'ясопродуктів. Окислювальне погіршення є значним фактором, що зумовлює обмежений термін зберігання продуктів з високим вмістом ліпідів.

Одним із завдань у м'ясній промисловості є вирішення питання гальмування окислювальних процесів у м'ясопродуктах з високим вмістом жирів за допомогою безпечних для здоров'я людини засобів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Антиоксиданти (антиокислювачі) – інгібітори окислення, природні або синтетичні речовини, здатні сповільнювати або запобігають окисленню органічних сполук. Антиокислювачі уповільнюють процес окислення шляхом взаємодії з киснем (не допускаючи його реакції з продуктом), перериваючи реакцію окислення. При цьому витрачаються самі антиоксиданти, тому, чим вищим є їх дозування, тим більший термін придатності продукту. Але нескінченно термін придатності збільшувати неможливо: концентрацію антиокислювача вище за 0,02% підняти недоцільно з технологічних і гігієнічних міркувань. Вони захищають організм від негативних впливів вільних радикалів. Антиоксидант з'єднується з вільним радикалом і ставить заслін руйнівній дії зайвого електрона. За допомогою ферментної захисної системи організм перетворює клітинний оксидант у воду й кисень (нерадикал) [5, с. 23].

У галузях харчової промисловості в застосуванні антиоксидантів, олеорезинів та екстрактів спецій, так само як і в застосуванні консервантів, склалися деякі галузеві уподобання, хоча в сегменті антиоксидантів вони не настільки яскраво виражені [5, с. 25; 17, ст. 217].

Ці переваги визначаються багатьма факторами, зокрема фоновими мікробіологічними показниками сировини й речовин протекторів псування – антиоксидантів, олеорезинів та екстрактів спецій, харчових добавок, які регулюють стабільність функціональних і фізико-хімічних властивостей продукту, а також забезпечують рівень організації технології його виготовлення й умови зберігання.

Так, найбільш популярні антиоксиданти БОА (бутилоксіанізол і БОТ бутилокситолуол) використовуються в тому числі у виробництві напівкопчених і копчених ковбас, проте, за даними авторів [6, с. 1808–1809; 7, с. 877], вони становлять певний ризик для здоров'я людини.

Останніми роками активно проводяться дослідження можливості використання антиоксидантів, олеорезинів та екстрактів спецій природного походження на основі рослин-

ної сировини для виробництва ковбасних виробів з переважним умістом м'яса птиці в рецептурі [17, с. 218].

Одними із основних біологічно активних компонентів рослинної сировини з антиокислювальними властивостями є біофлавоноїди.

Флавоноїди – це природні компоненти, які не синтезуються в організмі й повинні надходити ззовні. Флавоноїди мають комплекс корисних властивостей: антиоксидантні, бактерицидні, сонцезахисні, капіляротекторні, протипухлинні, протизапальні, антимутогенні, ранозагоювальні, антимікробні, протисклеротичні, беруть участь у білковому обміні, знижують уміст холестерину в крові, підвищують міцність кровоносних капілярів, інгібують агрегацію тромбоцитів у крові, володіють жовчогінним ефектом тощо [8, с. 320].

Одна з найважливіших функцій флавоноїдів – це участь в окислювально-відновних процесах.

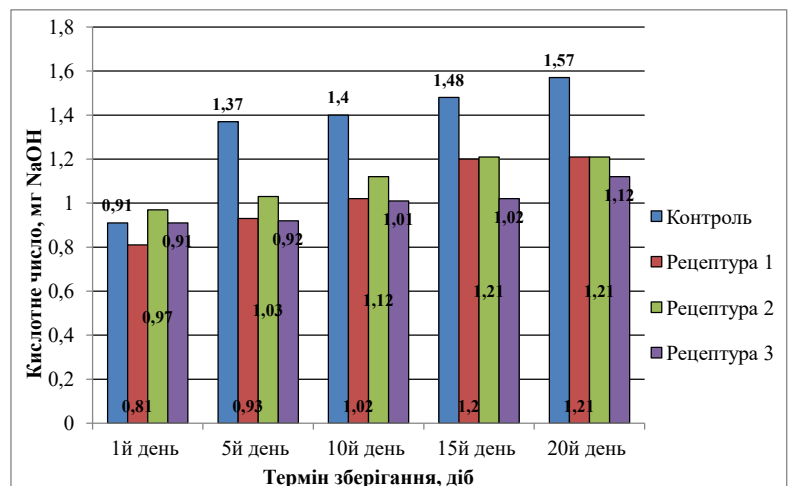


Рис. 1. Вплив біофлавоноїдів екстракту розмарину на кислотне число варено-копчених ковбас з м'яса качки під час зберігання

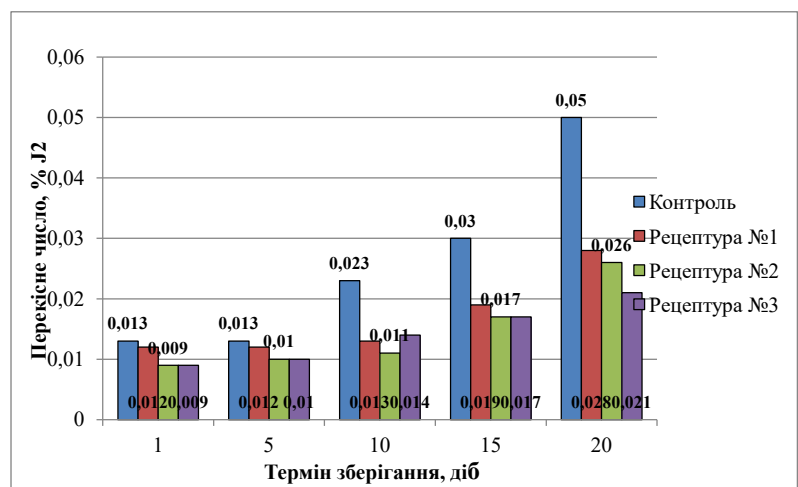


Рис. 2. Вплив біофлавоноїдів екстракту розмарину на перекисне число варено-копчених ковбас із м'яса качки під час зберігання

Окислюючись киснем повітря, за участю поліфенолоксидази вони перетворюються у відповідні хінони, які відновлюються атомами водню дихального субстрату і знову стають доступними для дії поліфенолоксидази [9, с. 101].

Саме ця властивість флавоноїдів робить рослини з високим їх умістом потенційним джерелом антиокислювальних речовин для харчової, в тому числі м'ясної, промисловості. Одним із препаратів з антиокислювальним ефектом є екстракт розмарину, який отримують із листя напівчагарника *Rosmarinus officinalis* L., родини губоцвіті – Labiatae, методом водної екстракції з наступним концентруванням і висушуванням. Основні біологічно активні речовини сухого екстракту розмарину – це сума фенолокіслот – розмаринова, кавава кислота, карнозинова кислота тощо, а також флавоноїди (глюкуроніди лютеоліна, гесперидину тощо), таніни, розмарицин, сапоніни, ситостерин, бетулін, амірини, терпеноїди [10; 11, с. 536].

Ефективність використання екстракту розмарину у виробництві варених ковбас, напівфабрикатів продемонстровано низкою дослідників [12, с. 4–9; 13, с. 10–15]. Проте вплив екстракту розмарину на окислювальні процеси при зберіганні варено-копчених ковбас із м'ясом качки недостатньо вивчений.

Постановка завдання. Установлення ефективності використання екстракту розмарину в технології виробництва варено-копчених ковбас для збереження їх якості, підвищення біологічної ефективності й безпеки, збільшення терміну придатності визначає актуальність обраного напрямку дослідження.

Виклад основного матеріалу дослідження.

У лабораторії кафедри технології молока та м'яса факультету харчових технологій розроблена рецептура м'ясо-місткої ковбаси варено-копченої «Сумська» з м'яса водоплавної птиці, а саме качки мускусної [14, с. 127], до складу якої додавали антиоксидант натурального походження екстракт розмарину (ЕР) (Food Ingredients Mega Trade, USA). До дослідних зразків фаршу додавали вищевказані препарати за такою схемою: № 1–ЕР 0,05%; № 2–ЕР 0,10%; № 3–ЕР 0,15% до маси сировини, контролем слугував зразок фаршу без додавання антиоксидантів. Готову ковбасу зберігали протягом 20 діб при температурі +8 0С. Протягом періоду зберігання досліджували ефективність використання екстракту розмарину за показниками перекісного (далі – ПЧ) та кислотного (далі – КЧ) чисел, також визначали кількість вторинних продуктів окислення за тіобарбітуровим числом [15, с. 366–371].

На рисунку 1 подано результати дослідження динаміки кислотного числа варено-копченої ковбаси з різними концентраціями екстракту розмарину протягом терміну зберігання.

Серед дослідних зразків найменша кількість вільних жирних кислот спостерігалася при концентрації екстракту розмарину № 3: через 10 діб зберігання КЧ в зразку № 1 досягло $1,02 \pm 0,15$ мг КОН, у зразку № 2 – $1,11 \pm 0,01$, в третьому зразку – $1,00 \pm 0,13$, що на 40% нижче порівняно з контрольним зразком. У кінці терміну зберігання КЧ в дослідних зразках становило: № 1 – $1,21 \pm 0,14$ мг КОН, № 2 – $1,21 \pm 0,14$, № 3 – $1,12 \pm 0,01$ мг КОН, що на 29,75–40% менше порівняно з контролем.

Отримані результати свідчать про те, що внесений антиоксидант гальмує гідроліз жиру завдяки високій концентрації флавоноїдів екстракту. Процес гідролізу жиру в дослідних зразках протікав повільніше, ніж у контролі, але практично з однаковою швидкістю. Аналіз результатів говорить про те, що внесений комплекс рослинних екстрактів суттєво впливає на гідроліз жиру, а не лише гальмує дію ліполітичних ферментів.

Це пов'язано з тим, що флавоноїди ефективніше гальмують вільно радикальні ланцюгові реакції й суттєво впливають на ліполіз ацилгліцеринів не як

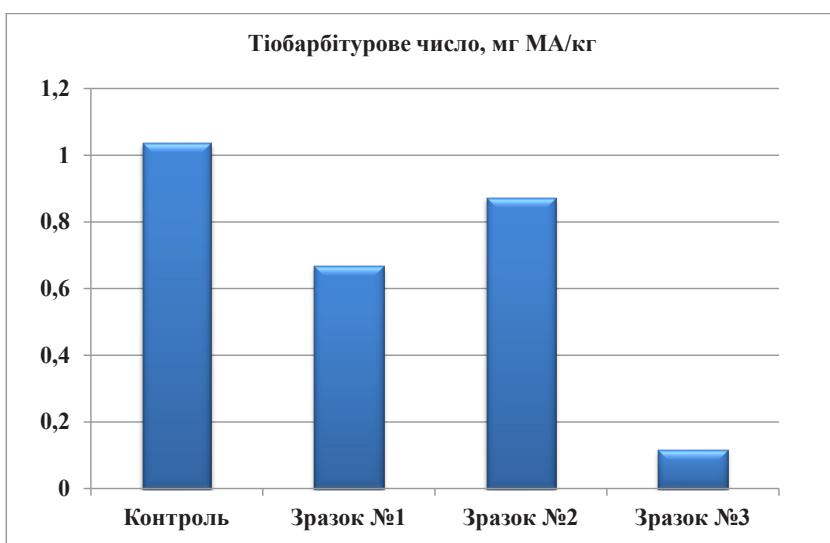


Рис. 3. Вплив біофлавоноїдів екстракту розмарину на накопичення вторинних продуктів окислення ліпідів варено-копчених ковбас із м'яса качки

індивідуальні компоненти, а в комплексі, проявляючи ефект синергізму. Найбільш ефективним варіантом виявилася композиція № 3. Це пояснюється тим, що підвищення концентрації екстракту в композиції гальмує гідролітичний розпад ацилгліцеридів.

На рисунку 2 подано результати дослідження динаміки перекісного числа варено-копченої ковбаси з різними концентраціями екстракту розмарину протягом терміну зберігання.

Вивчення динаміки перекісного окислення в зразках свідчить, що серед дослідних зразків варено-копченої ковбаси перекісне число інтенсивніше зростало в пробі без добавки, а внесення екстракту розмарину в усіх трьох концентраціях сповільнювало окисні процеси. Найбільшу стабілізуючу дію мала добавка екстракту в концентрації № 3, ПЧ в цьому зразку в кінці досліджуваного терміну дорівнювало $0,021 \pm 0,002\% J_2$, тоді як у контролі цей показник становив $0,05 \pm 0,004\% J_2$.

Вивчення динаміки перекісного числа в зразках указує на те, що внесений екстракт розмарину містить оптимальне співвідношення біологічно активних сполук. Гальмування перекісного окислення ліпідів пов'язане з високим вмістом в екстракті карнозинової та розмаринової кислот, активність яких удвічі вища за активність синтетичних антиоксидантів БОТ і БОА [16]. При внесенні антиокислювальної композиції компоненти екстракту розмарину унеможливають приєднання кисню до гліцеридів, тим самими гальмуючи протікання окислювальних процесів у варено-копченій ковбасі.

Карнозинова кислота та карнозол блокують пероксидні радикали особливо ефективно в системах, що базуються на високому вмісті ліпідних компонентів.

Дослідження вмісту вторинних продуктів окислення дало змогу оцінити глибину окислю-

вальних процесів, що протікали в зразках ковбас при зберіганні протягом 20 діб при температурі $+8^\circ\text{C}$. З рисунку 3 видно, що найбільшим вмістом моноальдегідів характеризується контрольний зразок, а найменшим – зразок із додаванням екстракту розмарину в концентрації 0,15%, кількість зазначених речовин у ньому у 8,8 раза менша за контроль. Інші зразки ковбас із унесенням природного стабілізатора також містили меншу кількість моноальдегідів, ніж контроль: із додаванням екстракту розмарину в концентрації 0,05% – в 1,5 раза, із додаванням екстракту розмарину в концентрації 0,10% – в 1,2 раза.

Висновки. Проведені дослідження підтверджують високу антиоксидантну активність екстракту розмарину та його здатність ефективного гальмування процесу окислення ліпідів у складі варено-копченої ковбас із м'яса качки. Унесення екстракту розмарину в кількості 0,05–0,15% дає змогу уповільнити гідролітичне окислення ліпідів фаршу на 29,75–40%.

Стабілізація перекісного окислення ліпідів варено-копченої ковбаси з м'яса качки як наслідок має гальмування утворення вторинних продуктів окислення, таких як пентанал, гексанал, малоновий альдегід тощо, що підтверджується отриманими результатами. Кількість вторинних продуктів окислення, що реагують із тіобарбітуровою кислотою, була найменшою в кінці терміну зберігання фаршу в зразку з концентрацією композиції 0,15% і становила $0,117 \pm 0,12$ мг МА/кг, що у 8,8 раза нижче порівняно з контролем. Це дає змогу рекомендувати концентрацію екстракту розмарину для внесення у фарш варено-копчених ковбас, що становить 0,15% від маси сировини.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення мікробіологічної стабільності варено-копчених ковбас за наявності екстракту розмарину й оліорезинів спецій.

Список літератури:

1. Мельник В.А. Производство продукции водоплавающей птицы в мире и в Украине. URL: <http://ptitcevod.ru/produkcija-pticevodstva/proizvodstvo-produkcii-vodoplavayushhej-pticy-v-mire-i-v-ukraine.html> (Дата звернення 23.01.2018).
2. FAO (2016). Indigenous duck meat production in the world. Available online. URL: <http://faostat3.fao.org> [Accessed on June 2016] (Дата звернення 23.01.2018).
3. Huda N, Putra A and Ahmad R (2011). Potential Application of Duck Meat for Development of Processed Meat Products. Available online. URL: <http://scialert.net/fulltext/?doi=crpsaj.2011.1.11&org=10> [Accessed on 22 June 2016] (Дата звернення 23.01.2018).
4. Пасічний В.М., Божко Н.В., Тищенко В.І., Валюх Н.М. Стабілізація ліпідів фаршу з високим вмістом жиру. Техніка, енергетика, транспорт АПК: зб. наукових праць. Вінниця, 2017. Вип. 3 (98). С. 74–77.
5. Українець А.І., Пасічний В.М., Желуденко Ю.В. Plant extracts antioxidant properties for meat processing industry. *Biotechnologia Acta*. 2016. Т. 9. № 2. С. 19–27.
6. Naveena B.M., Sen A.R., Kingsly R.P., Singh D.B., Kondaiyah N. Antioxidant activity of pomegranate rind powder extract in cooked chicken patties / *Int. J. Food Sci. Technol.* 2008. V. 43. P. 1807–1812.

7. Maqsood S., Benjakul S. Comparative studies on molecular changes and pro-oxidative activity of haemoglobin from different fish species as influenced by pH. *Food Chem.* 2011. V. 124. P. 875–883.
8. Flavonoids: chemistry, biochemistry, and applications / edited by Øyvind M. Andersen and Kenneth R. Markham. CRC Press, Taylor & Francis Group. NW. 2006. 1197 p.
9. Макаренко О.А., Левицкий А.П. Физиологические функции флавоноидов в растениях. *Физиология и биохимия культ. растений.* 2013. Т. 45. № 2. С. 100–111.
10. URL: <http://www.foodnavigator-usa.com/Suppliers2/Rosemary-extract-sees-substantial-growth-in-shelf-extension> (Дата звернення 23.01.2018).
11. Robbins K., Sewalt V. Extending freshness with rosemary extract. *Food Technology.* 2005. V. 16 (8). P. 534–535.
12. Bozhko N., Tischenko V., Pasichnyi V., Marynin A., Polumbryk M. Analysis of the influence of rosemary and grape seed extracts on oxidation the lipids of Peking duck meat. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2017. № 4/11 (88). P. 4–9.
13. Bozhko N., Tischenko V., Pasichnyi V., Marynin A., Polumbryk M. Study of oxidation processes in duck meat with application of rosemary and grape seed extracts. *EUREKA: Life Sciences.* 2017. № 4. P. 10–15.
14. Божко Н.В., Тищенко В.І., Пасічний В.М., Мороз О.О. Розробка рецептур варено-копчених ковбас з м'ясом качки мускусної. *Наукові праці НУХТ.* 2017. Т. 23. № 5. Ч. 2. С. 125–131.
15. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва: Колос, 2001. 576 с.
16. Makris D., Boskou G., Andrikopoulos N. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. *Journal of Food Composition and Analysis.* 2007. V. 20. Is. 2. P. 125–132.
17. Pasichniy V., Khomenko Y., Polumbryk M. Using of polymers as carriers in encapsulation of spice oleoresins. *Ukrainian Journal of Food Science.* 2014. V. 2. P. 213–219.

СТАБИЛИЗАЦІЯ ЛІПІДІВ ВАРЕНО-КОПЧЕНИХ КОЛБАС С М'ЯСОМ УТКИ В ПРОЦЕСІ ХРАНЕННЯ

В статті приведені результати досліджень ефективності екстракта розмарину в стабілізації ліпідів варено-копчених колбас з м'ясом утки во время хранения. Проведенні дослідження підтверджують високу антиоксидантну активність екстракта розмарину і його здатність ефективно затримувати процес окислення ліпідів в складі варено-копченої колбаси з м'яса утки. Внесення екстракта розмарину в кількості 0,05–0,15% уповільнює гідролітичне окислення ліпідів фаршу на 29,75–40%. Кількість вторинних продуктів окислення, реагуючих з тиобарбітуровою кислотою, було найменшим в кінці строку хранения фаршу в зразку з концентрацією композиції 0,15% і склало $0,117 \pm 0,12$ мг МА/кг, що в 8,8 разів нижче по порівнянню з контролем. Це дозволяє рекомендувати концентрацію екстракта розмарину для внесення в фарш варено-копчених колбас, що складає 0,15% від маси сиров'я.

Ключевые слова: окисление липидов, экстракт розмарина, варено-копченая колбаса, мясо утки.

LIPID STABILIZATION OF BOILED-SMOKED SAUSAGES WITH DUCK MEAT DURING STORAGE

The article presents the results of studies effectiveness of rosemary extract in stabilizing the smoked sausages with duck meat during storage. The studies confirm the high antioxidant activity of the rosemary extract and its ability to effectively inhibit lipid oxidation in boiled and smoked sausage. The addition of rosemary extract in the amount of 0.05–0.15% slows the hydrolytic oxidation of lipids by 29.75 to 40%. The number of secondary oxidation products reacted with thiobarbituric acid was the lowest at the end of the storage period of the minced meat in a sample with a composition concentration of 0.15% and was 0.117 ± 0.12 mg MA/kg, which is 8.8 times lower than the control. This allows to recommend the concentration of rosemary extract for making sausages equal to 0.15% of the raw materials weight.

Key words: lipid oxidation, extracts of rosemary, boiled-smoked sausage, duck meat.

Бондарь С.Н.

Одесская национальная академия пищевых технологий

Трубникова А.А.

Одесская национальная академия пищевых технологий

Чабанова О.Б.

Одесская национальная академия пищевых технологий

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗООБМЕНА ПРИ АЭРОБНОЙ ОБРАБОТКЕ НАНОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ПАХТЫ

В статье исследованы основные закономерности транспорта кислорода в системе «газ-жидкость» при аэробной обработке ретентата, полученного при наночистоты ультра-фильтрационного пермеата пахты. Этот продукт является ценной питательной средой для микробиологических производств. Массоперенос изучался при использовании конструкции с вращающимся полым конусом. При погружении конуса в жидкость и вращении наблюдалось образование тонкой пленки. Пленка и ее перемещение создают хорошие условия для эффективного растворения кислорода. Измерены концентрации кислорода в жидкости при вращении конуса в разных режимах. Массообмен кислорода значительно зависит от частоты вращения и глубины погружения конуса. Установлено, что при увеличении глубины погружения требуется увеличение угловой скорости вращения для эффективного массообмена. Определены удельные энергозатраты для данной конструкции в сравнении с традиционной турбинной мешалкой. Проведен математический анализ принципа работы аппарата. Предложена модель массопереноса, которая адекватно отражает основные закономерности переноса кислорода в системе «газ-жидкость».

Ключевые слова: аэраторы, аэробная ферментация, перенос кислорода, система «газ-жидкость», математическая модель, питательные среды, экономическая эффективность аэробной ферментации, активность роста аэробных микроорганизмов.

Постановка проблемы. Во многих процессах переработки молока образуются побочные продукты, которые содержат ценные питательные вещества для микроорганизмов. Это определяет их широкое применение в качестве питательных сред в биотехнологии. При производстве безлактозных продуктов из пахты в процессе мембранного удаления лактозы образуется значительное количество наночистоты ультра-фильтрационного ретентата. Содержание углевода в этом продукте достигает 20% и более. Утилизация концентрата лактозы может проходить различным путем. Перспективным направлением является использование его в аэробных ферментационных процессах. В этом случае в субстрате создаются условия для благоприятного развития микрофлоры определенного вида. От концентрации кислорода в субстрате значительно зависит активность роста микроорганизмов. В жидкой среде микроорганизмы не

усваивают кислород непосредственно из воздуха. Их рост сдерживается запасом растворенного в жидком субстрате кислорода. Кроме того, в питательных средах растворимость кислорода много меньше, чем в чистой воде. Поэтому насыщение и распределение кислорода в аэробных биотехнологических процессах является важной задачей. Решение этой задачи позволяет значительно увеличить биомассу и повысить эффективность процесса. От биомассы в конечном итоге зависит накопление различных веществ-метаболитов, среди которых есть целевые продукты биотехнологии.

Насыщение субстрата кислородом воздуха осуществляется принудительно с помощью различных устройств – аэраторов. Они отличаются конструктивными особенностями и эффективностью. Выбор определенного типа аэраторов является важной задачей. Свойства субстрата, конеч-

ная цель ферментации и общий экономический эффект процесса всегда взаимосвязаны. В экономической части характеристики биотехнологического процесса аэробной ферментации значительное место принадлежит затратам на насыщение субстрата кислородом. Поэтому поиск эффективных средств для решения этой проблемы остается актуальным, тем более что универсальных эффективных устройств для аэрации не существует ввиду особенных свойств каждого субстрата.

Анализ последних исследований и публикаций. При биотехнологической переработке жидких сред обычно используют емкости закрытого типа – биореакторы или ферментеры. Они имеют теплообменник, устройство для подачи растворов, для выгрузки субстрата, его перемешивания, насыщения кислородом воздуха. Последние устройства разнообразны по конструкции [1–11].

В таких конструкциях воздух может не только быть источником кислорода, но и перемешивать среду, т. е. использоваться для эффективного газораспределения. Например, этот принцип реализуется в газотурбинных перемешивающих устройствах [1–3]. В других случаях используются эжекторы, подающие воздух в жидкую или газо-жидкостную среду, которые перекачиваются насосами [3–6]. Широко используются также эйрлифтные модифицированные системы, позволяющие осуществить перенос кислорода воздуха в биологических процессах [3; 7–9]. Во многих случаях используют различные барботёры, через которые воздух подается под давлением [3; 4; 10; 11]. Указанные конструкции используются в традиционных биореакторах. У всех традиционных биореакторов есть общий существенный недостаток – значительные энергозатраты на аэрацию среды. Они составляют более 2 кВт/м³ объема жидкости [3; 11]. Другой общий недостаток – значительное пенообразование, которое всегда сопровождает процесс аэрирования субстрата. Пена не только уменьшает рабочий объем биореактора, но и требует дополнительных затрат на ее разрушение. Данная проблема решается применением механических и/или химических пеногасителей [12–15]. В качестве химических пеногасителей часто применяют силиконы и другие водонерастворимые добавки. Эти вещества весьма эффективны, но существенно уменьшают скорость переноса кислорода и тормозят развитие микроорганизмов. Механические пеногасители всегда требуют дополнительных энергозатрат и усложняют конструкцию биореактора [14; 15]. К тому же механический принцип пеногашения можно

реализовать не во всех ферментерах, например, при их значительном объеме. Проблема пенообразования не являлась целью данного исследования, однако визуально был отмечен значительно меньший объем пены в сравнении с газотурбинной мешалкой.

Способы аэрирования жидкостей в биотехнологии рассматривались в ряде работ [12–18].

В представленном исследовании отражены результаты испытаний конструкции американских ученых, запатентованной в свое время [19]. В качестве субстрата использовали не чистую воду, как авторы изобретения, а наноконцентрат лактозы, который предполагается использовать для биотехнологических процессов. Идея авторов, на наш взгляд, очень интересна и отличается оригинальным принципом аэрирования, отличным от тех, что применяются до сих пор в традиционных биореакторах.

В данной работе представлены основные результаты апробации заимствованной идеи в лабораторных условиях.

Постановка задачи. Цель работы – тестирование и анализ работы запатентованной конструкции аэратора с конической центробежной насадкой для биотехнологической обработки нанофильтрационного ретентата лактозы.

Для достижения цели авторы решали следующие задачи:

1. Изготовление лабораторного модифицированного стенда и конического аэратора.
2. Испытание основного рабочего органа – вращающегося конуса в среде наноконцентрата лактозы.
3. Теоретический анализ основных явлений в процессе работы установки.
4. Получение необходимых экспериментальных данных для установления основных закономерностей при работе установки и создание математической модели массопереноса кислорода при обработке наноконцентрата лактозы.
5. Выводы и выбор направлений дальнейших исследований.

Материалы и методы исследований:

1. Теоретические исследования проводились с помощью анализа соответствующей литературы по теоретической механике, биотехнологии и математической модели, адаптированной к данным исследованиям.

2. Экспериментальные исследования.

Изложение основного материала исследования. В качестве лабораторного стенда использовалась конструкция, которая изображена на рис. 1.

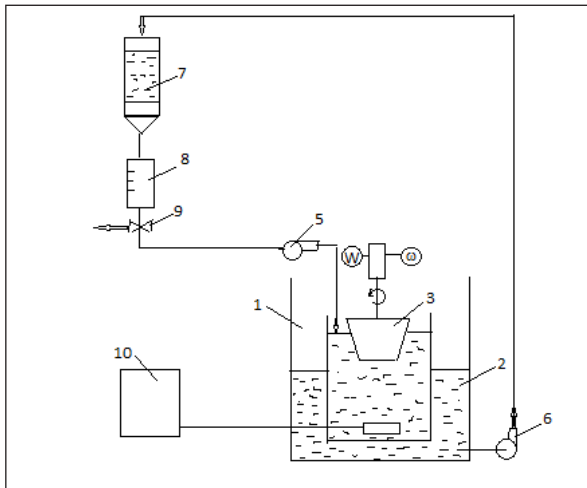


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментального стенда

1 – внешняя емкость с жидкостью; 2 – внутренняя емкость с жидкостью; 3 – конус; 4 – мотор с тахометром и ваттметром; 5, 6 – насосы; 7 – питающая емкость; 8 – ротаметр; 9 – кран; 10 – оксиметр

Две емкости цилиндрической формы помещаются одна в одну. Внутренняя емкость диаметром 30 см содержит исследуемый жидкий субстрат. В жидкость погружается вращающийся полый усеченный конус высотой 12 см с большим и меньшим диаметрами 25 см и 6 см. В верхней части конуса есть небольшая горизонтальная площадка шириной 1 см. Вращение от двигателя передается через вал конусу. Двигатель постоянного тока снабжен тахометром и ваттметром.

При вращении погруженного конуса на поверхности конуса образуется пленка. Это явление – результат действия трех сил: тяжести, центробежной и силы Кориолиса. Пленка перемещается вверх. Когда жидкость достигает конца конуса, она срывается. Это приводит к каплеобразованию. Капли достигают стенок внешнего цилиндра и спадают. На стенках образуется пленка, которая стекает в основной объем. Процесс повторяется непрерывно, т. к. циркуляционный насос подает жидкость в питающую емкость. Из этой емкости другой насос

через ротаметр подает жидкость во внутреннюю емкость. Расходы жидкостей согласованы. Уровень жидкости во внутренней емкости регулируется за счет подачи насоса из питающей емкости. Расход жидкости, образующей пленку, устанавливается в зависимости от уровня во внутренней емкости. Показания ротаметра соответствуют скорости потока пленки при неизменном уровне во внутренней емкости.

Объектом исследования служил нанофильтрационный ретентат пахты, полученный в лаборатории из ультрафильтрационного пермеата пахты с помощью мембран для нанофильтрации марки ОПМН-П (производства «Владипор», Россия) при рабочих параметрах $p=1,6$ МПа, $t=50^{\circ}\text{C}$.

Датчик кислорода был помещен во внутреннюю емкость для устранения ошибки при определении коэффициентов массопереноса за счет контакта «газ-жидкость» во внешней емкости. Объем жидкости составлял 5 дм³. Концентрация кислорода в среде определялась оксиметром

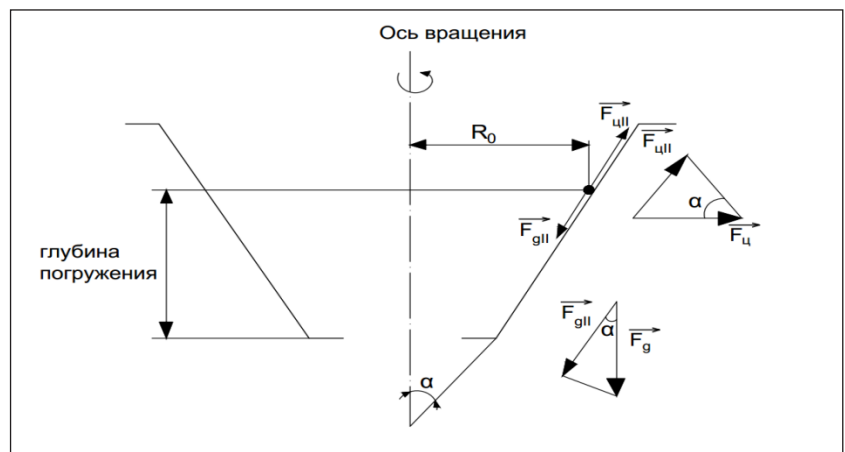


Рис. 2. Схема к анализу сил, которые действуют на пленку на поверхности усеченного конуса

α – полуугол; R_0 – радиус при глубине погружения; $|F_{ц||}|$, $|F_{г||}|$ – составляющие центробежной силы и силы тяжести, которые параллельны поверхности конуса

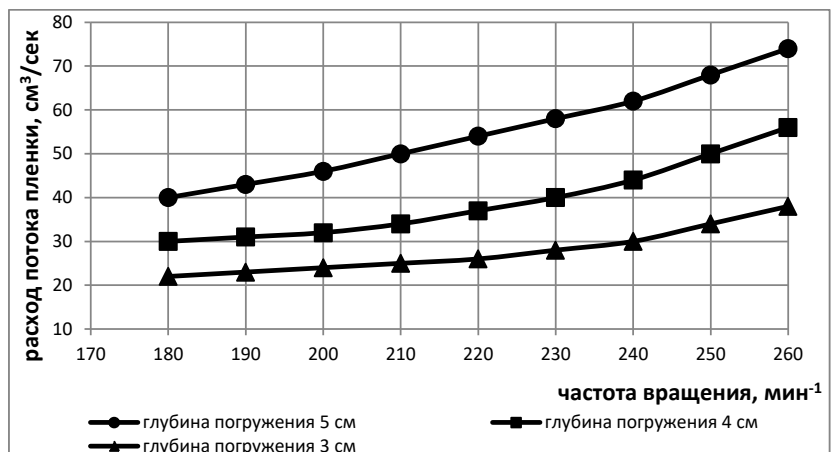


Рис. 3. Скорость потока для вращающегося конуса

АЖА 101 2М (Гомельский завод измерительных приборов, Беларусь).

Экспериментальные данные использовались в расчетах.

**Результаты исследований и их обсуждение
Теоретические исследования**

На рис. 2 представлена упрощенная схема распределения сил, действующих на пленку субстрата в точке рассмотрения. Не учитывается сила Кориолиса.

На поверхности погруженной конической конструкции при вращении пленка не движется при равенстве центробежных сил и силы тяжести. Центробежная сила имеет составляющую $|F_{ц}|$, которая параллельна поверхности конуса. Сила тяжести имеет такую же составляющую $|F_{mII}|$. Если $|F_{ц}| > |F_{mII}|$, пленка перемещается вверх. Следовательно, можно определить критическую угловую скорость исходя из известных зависимостей

$$|F_{цIII}| = \rho R_o \times \omega^2 \times \cos(90 - \alpha) \quad (1)$$

$$|F_{mII}| = \rho g \cos \alpha \quad (2)$$

$$|F_{цIII}| = |F_{mII}| \quad (3)$$

тогда

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R_o \cos(90 - \alpha)}} \quad (4)$$

где $|F_{цIII}| = \rho R_o \times \omega^2 \times \cos(90 - \alpha)$ – центробежная сила, действующая на единицу объема жидкости;

$|F_{m}| = \rho g \cos \alpha$ – сила тяжести, действующая на единицу объема жидкости;

$|F_{цIII}|$, $|F_{mII}|$ – составляющие сил, которые параллельны поверхности конуса;

R_o – радиус окружности на глубине погружения;

α – полуугол конуса;

ρ – плотность жидкости;

ω – угловая скорость вращения.

Скорость изменения концентрации кислорода в объеме жидкости можно определить в зависимости от сопротивления пленки из известного уравнения:

$$\frac{dc}{dt} = K_L \times a \times (C^* - C), \quad (5)$$

где C – концентрация кислорода в основном объеме жидкости;

C^* – равновесная концентрация кислорода на границе «газ-жидкость», которая зависит от парциального давления и температуры;

a – поверхность контакта единицы объема жидкости;

K_L – коэффициент скорости переноса;

t – время.

Интегрируя уравнение (5), получим

$$K_L \times a \times t = -\ln\left(1 - \frac{C}{C^*}\right). \quad (6)$$

Это уравнение можно использовать для вычислений коэффициента массопереноса $K_L \times a$. Для этого достаточно построить график в полулогарифмических координатах. Экспериментальные данные в этом случае образуют наклонные прямые линии.

Экспериментальные исследования

На рис. 3 представлены зависимости расхода потока пленки от частоты вращения конуса.

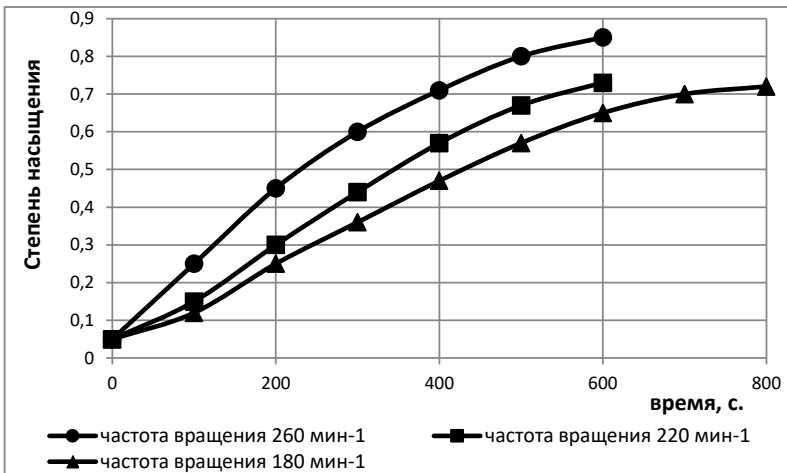


Рис. 4. Зависимость относительной растворимости кислорода от времени при разных скоростях

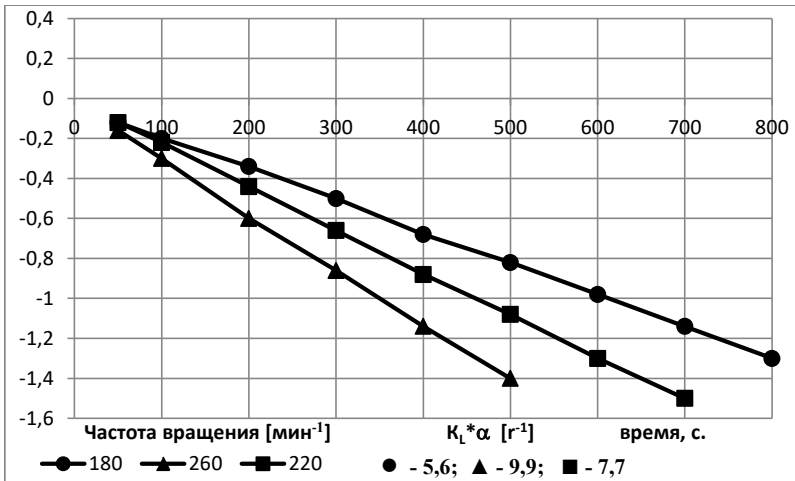


Рис. 5. Графики для определения коэффициентов массопереноса

Визуально установлено, что при частоте вращения до 160 мин^{-1} пленка покрывала только часть поверхности. Увеличение частоты вращения со 160 мин^{-1} до 260 мин^{-1} приводило к образованию сплошной пленки на всей поверхности. Однако дальнейший рост частоты требовал неоправданных энергозатрат. Энергозатраты возрастали интенсивнее, чем увеличение частоты вращения.

Различными были результаты в зависимости от глубины погружения конуса. При глубине 3–5 см наблюдалась стабильная пленка. При глубине менее 3 см эффект был гораздо хуже. При глубине более 5 см для образования пленки на поверхности оставалось мало площади.

На рис. 4 отражены результаты измерений и вычислений степени насыщения кислородом субстрата от времени при глубине погружения конуса 5 см.

Чем выше частота вращения, тем больше скорость. Теоретические зависимости (5, 6) и экспериментальные данные рис. 4 позволяют построить график в полулогарифмических координатах (рис. 5). Значения $K_L \times a$ определяются из графиков для различных частот вращения. Эти значения отмечены на рис. 5.

Насыщение кислородом жидкого субстрата требует определенных энергозатрат. Эта зависимость представлена на рис. 6 для трех испытанных глубин погружения.

Как следует из рисунка, с увеличением глубины погружения удельные энергозатраты для одинаковых степеней насыщения кислородом будут снижаться в диапазоне глубин 3–5 см.

Исходя из теоретических заключений (2, 3, 10, 14), рассчитанная критическая угловая скорость вращения составляет 105 мин^{-1} . Для этого при глубине погружения конуса 5 см измерили $R_0=8 \text{ см}$, полуугол конуса $\alpha=40^\circ\text{C}$. Начало перемещения пленки визуально отмечалось при частоте вращения 160 мин^{-1} . Значительное различие расчётного и экспериментального значений $\omega_{кр}$, возможно, связано с образованием воронки на поверхности жидкости при вращении конуса. Это является причиной перераспределения жидкости. На поверхности пленки наблюдались небольшие спиральные волны. Расчет числа Рейнольдса подтвердил, что массоперенос в эксперименте соответствует ламинарному режиму волнистой пленки.

Результаты массопереноса по предложенной упрощенной модели (5) вполне удовлетворительны. Лучшее значение $K_L \times a$ для данной конструкции около 10 г^{-1} намного отличается от сообщаемого в [14; 15; 18] значения для биореактора с газовой турбиной 400 г^{-1} . По нашему мнению, действительное значение $K_L \times a$ для этого типа реактора будет намного меньше из-за необходимости добавки пеногасителя. Этот агент серьезно затрудняет перенос кислорода.

Следует отметить, что в данной работе исследовался только пленочный режим. В действительности массообмен при вращении конуса в представленной конструкции происходит в трех режимах: восходящая пленка, капли и падающая пленка. Для капельного режима следует ожидать намного большей поверхности контакта «газ-жидкость». Увеличить время контакта в этом режиме можно, если изменить конфигурацию конуса в емкости. Тогда следует ожидать дополнительного увеличения $K_L \times a$. К тому же можно использовать концентрично расположенные несколько конусов или их каскад. Такой прием должен привести к значительному эффекту роста массопереноса кислорода.

Выводы. С учетом изложенного выше можем констатировать следующее:

1. Для одного вращающегося полого конуса лабораторного стенда было получено значение коэффициента массопереноса 10 г^{-1} . При этом затраченная энергия составила менее $0,2 \text{ кВт}\cdot\text{с}/\text{м}^3$.
2. Для анализа массопереноса кислорода в испытанной конструкции может использоваться известная простая модель для скорости переноса. Однако могут быть некоторые неточности из-за допущения равенства концентраций кислорода в пленке и основном объеме жидкости.

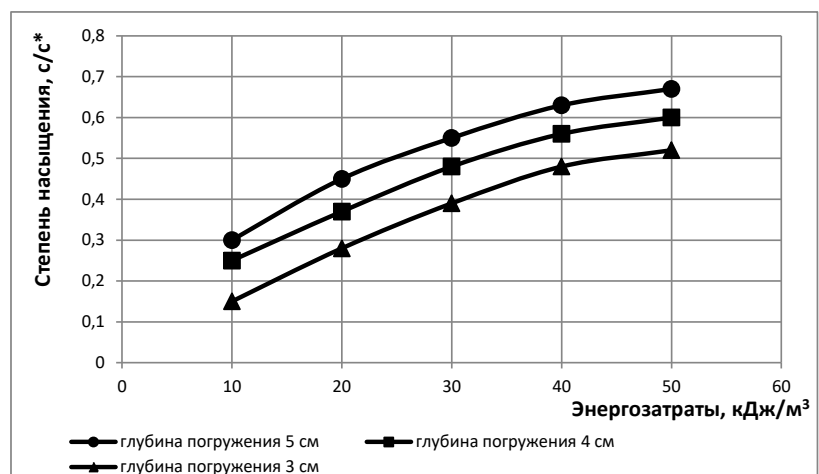


Рис. 6. Зависимость относительного насыщения кислородом от удельных энергозатрат процесса

3. Исследованы условия образования и характер пленки. Установлено, что при низкой частоте вращения (менее 160 мин⁻¹) непрерывная пленка не образуется. С ростом этого показателя пленка формируется как непрерывный поток.

4. На угловую скорость вращения, которая необходима для образования пленки, значительно влияет глубина погружения. Увеличение глубины приводит к требованию большей скорости и энергозатратам.

5. Представленные теоретические и экспериментальные результаты относятся к открытому типу аппарата. Однако такой подход и результаты

в равной мере будут относиться к закрытому типу.

6. Для увеличения коэффициента массопереноса конструкцию можно модернизировать. Например, можно разместить несколько конусов концентрически или каскадно.

7. Несмотря на образование пены и расслоение ретентата лактозы, испытанную конструкцию можно рекомендовать для аэрирования данного субстрата в процессах биотехнологической обработки.

В продолжение исследований планируется оптимизировать конструкцию относительно энергозатрат, пенообразования и расслоения нано-фильтрационного ретентата.

Список литературы:

1. Резенчук О.Є. Класифікація та аналіз роботи ферментерів з пневматичним перемішуванням. Наукові вісті НТУУ «КПІ». 2011. № 3. С. 79–84.
2. Закоморний Д.М. Класифікація та аналіз роботи ферментерів з механічними перемішувачами пристроями в аеробних процесах біотехнології. ScienceRise. 2015. № 5/2 (10). С. 24–32.
3. Виестур У.Э., Кузнецов А.М., Савенков В.В. Системы ферментации. Рига: Зинатне, 1986. 174 с.
4. Разработка и проектирование ферментационного оборудования для аэробного культивирования одноклеточных микроорганизмов: учеб.-метод. пособие / А.Г. Новоселов и др. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 91 с.
5. Сидоров Ю.І. Промислові ферментери. Біотехнологія. 2012. Т. 5. № 3. С. 33–39.
6. Копиленко А.В. Класифікація та аналіз роботи промислових ферментерів з підведенням енергії рідкою фазою. Наукові праці НУХТ. 2017. Том 23. № 1. С. 134–143.
7. Ферментационные аппараты для процессов микробиологического синтеза / А.Ю. Винаров и др. Москва: ДеЛи принт, 2005. 278 с.
8. Beefink H. H. and Staugard. Structure and dynamics of anaerobic bacterial aggregates in a gas-lift reactor. Appl. Env. Micr. 1986. № 52. P. 1139–1146.
9. Chisti Y. and Moo-Young M. Improve the performance of airlift reactors. Chem. Eng. Prog. 1993. № 89 (6). P. 38–45.
10. Карпов А.А. Масштабирование процессов глубинного культивирования микроорганизмов в биореакторах: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.23. Московская область, Щелковский район, п/о Кашинцево, пос. Биокombинат: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности РАСХН, 2004. 20 с.
11. Импульсные аппараты и перспектива их использования в биотехнологии / А.Е. Сычев и др. Известия Коми научного центра УрО РАН. Сыктывкар, 2012. Вып. 3 (11). С. 33–37.
12. Бирюков В.В. Потребление кислорода мицелиальными культурами микроорганизмов в биореакторе. Теор. основы хим. технологии. 2008. № 5. С. 556–563.
13. Сидоренко О.Д., Черданцев Е.В. Биологические технологии утилизации отходов животноводства. Москва: МСХА, 2001. 74 с.
14. Тишин В.Б. Культивирование микроорганизмов: кинетика, гидродинамика, тепломассообмен. Санкт-Петербург: Издательство РАПП, 2012. 180 с.
15. Елинов Н.П. Основы биотехнологии. Санкт-Петербург: Издательская фирма «Наука», 1995. 600 с.
16. McCarty P.L. Environmental biotechnology: principles and applications. Tata McGraw-Hill Education, 2012.
17. Барабаш В.М. Проблемы и тенденции развития теории и практики перемешивания жидких сред. Теор. основы хим. технологии. 2007. № 2. С. 140–147.
18. Ружинська Л.І. Математичне моделювання перемішування при культивуванні біологічних агентів, чутливих до напружень зсуву. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. Т. 1. № 4 (61). С. 27–30.
19. Centrifugal film fermentor / Roubicek R.V, Feres V. Patent Application U.S. № 06/897350.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗООБМІНУ ПІД ЧАС АЕРОБНОГО ОБРОБЛЕННЯ НАНОФІЛЬТРАЦІЙНИХ ПРОДУКТІВ ІЗ МАСЛЯНКИ

У статті досліджено основні закономірності транспортування кисню в системі «газ-рідина» під час аеробного оброблення ретенату, отриманого в процесі нанофільтрації ультрафільтраційного пермеату маслянки. Цей продукт є цінним поживним середовищем для мікробіологічних виробництв. Масоперенесення вивчався при використанні конструкції з обертовим порожнистим конусом. Під час занурення конуса в рідину й обертання спостерігалось утворення тонкої плівки. Плівка та її переміщення створюють хороші умови для ефективного розчинення кисню. Виміряні концентрації кисню в рідині під час обертання конуса в різних режимах. Масообмін кисню значно залежить від частоти обертання і глибини занурення конуса. Установлено, що в разі збільшення глибини занурення потрібне збільшення кутової швидкості обертання для ефективного масообміну. Визначено питомі енерговитрати для цієї конструкції порівняно з традиційною турбінною мішалкою. Проведено математичний аналіз принципу роботи апарату. Запропоновано модель масоперенесення, яка адекватно відображає основні закономірності перенесення кисню в системі «газ-рідина».

Ключові слова: аератори, аеробна ферментація, перенесення кисню, системи «газ-рідина», математична модель, поживні середовища, економічна ефективність аеробної ферментації, активність зростання аеробних мікроорганізмів.

IMPROVEMENT OF GAS EXCHANGE EFFICIENCY IN AEROBIC PROCESSING OF NANO-FILTRATION PRODUCTS FROM BUTTERMILK

The main regularities of oxygen transport in the gas-liquid system in the aerobic treatment of a retentate obtained by nanofiltration of buttermilk ultrafiltration permeate are studied. This product is a valuable nutrient medium for microbiological productions. Mass transfer was studied using a rotating hollow cone design. When the cone was immersed in a liquid and rotated, a thin film was observed. The film and its movement create good conditions for effective dissolution of oxygen. The oxygen concentrations in the liquid are measured as the cone rotates in different modes. Mass transfer of oxygen significantly depends on the frequency of rotation and the depth of immersion of the cone. It is established that with increasing depth of immersion, an increase in the angular velocity of rotation is required for an effective mass change. Specific energy inputs for this design are determined in comparison with a traditional turbine stirrer. The mathematical analysis of the operating principle of the apparatus is carried out. A model of mass transfer is proposed, which adequately reflects the basic laws of oxygen transfer in the gas-liquid system.

Key words: aerators, aerobic fermentation, oxygen transfer, gas-liquid systems, mathematical model, nutrient media, economic efficiency of aerobic fermentation, activity of aerobic growth of microorganisms.

УДК 613.2:615.9

Габ А.І.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

Калакура М.М.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

Кущевська Н.Ф.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

Малишев В.В.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

НАНОТЕХНОЛОГІЇ ТА НАНОМАТЕРІАЛИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Стаття присвячена проблемам застосування нанотехнологій у харчовій промисловості, впливу наночастинок на біологічні об'єкти. Проаналізовано питання стану здоров'я людини та охорони навколишнього середовища в контексті розвитку нанотехнологій та наноматеріалів. Розглянуто питання небезпеки та шкідливості наноматеріалів.

Ключові слова: нанотехнології, наноматеріали, харчова промисловість, біологічні об'єкти, здоров'я людини, охорона навколишнього середовища.

Постановка проблеми. Основним стратегічним напрямком економічного розвитку провідних країн світу стали нанотехнології та наноматеріали, які широко використовуються в електроніці, машинобудуванні, енергетиці, харчовій та переробній промисловості, транспорті, космічній техніці тощо. Тому значна увага приділяється вивченню нанотехнологій в контексті підготовки сучасного інженера з урахуванням реалізації принципів і завдань Болонського процесу, і, зокрема, в харчовій промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досліджено шляхи розвитку нанотехнологій та підготовку сучасного інженера в цьому контексті. Запропоновано програму курсу нанотехнологій для студентів інженерних спеціальностей та розглянуто використання нанотехнологій і наноматеріалів як одного з визначальних чинників наукового, економічного, оборонного розвитку держави [1, с. 53]. У певному сенсі нанонаука є своєрідним містком між атомно-молекулярним та колоїдно-дисперсним рівнями матеріальних об'єктів [2, с. 419; 3, с. 4]. Серед основних складових частин науки про наноматеріали і нанотехнології можливо виділити такі [4, с. 249; 5, с. 869]: фундаментальні дослідження властивостей матеріалів

на наномасштабному рівні; розвиток нанотехнологій як для цілеспрямованого створення наноматеріалів, так і для пошуку та використання природних об'єктів з наноструктурними елементами; створення виробів із використанням наноматеріалів та інтеграція наноматеріалів у різні галузі промисловості й науки; розвиток засобів і методів дослідження структури та властивостей наноматеріалів, а також методів контролю й атестації виробів і напівфабрикатів для нанотехнологій. Розглянуто питання стандартизації в галузі нанотехнологій та наноматеріалів, напрямків розвитку, характеристик стандартів та їх термінології. Паралельно з розвитком науки про наноматеріали і створенням нанотехнологій, розширенням їх використання, розпочала розвиватися відповідна галузь стандартизації [6, с. 22; 7, с. 156; 8, с. 71].

Постановка завдання. Систематизувати матеріали останніх досліджень у галузі застосування нанотехнологій та наноматеріалів у харчовій промисловості.

Виклад основного матеріалу досліджень.

Нанотехнології в харчовій промисловості. Передбачається, що використання цих технологій сприятиме подальшому підвищенню якості та безпечності харчових продуктів [9, с. 25].

Використання нанотехнологій створить умови для виготовлення наноконструкцій харчових продуктів із необхідними органолептичними показниками, для розробки пакувальних матеріалів, які забезпечать тривале зберігання готового продукту. На сьогодні вже доступно понад 300 «nanofood»-продуктів [10, с. 356]. Введення певних наночастинок у харчові продукти поліпшує засвоєння й біодоступність мікроелементів, вітамінів та деяких інших харчових речовин [11, с. 5]. У [12, с. 187] повідомляється, що застосування наночастинок при обробці насіння озимої пшениці сприяло підвищенню урожайності на 20-25%. Аналогічні результати було отримано при передпосівній обробці посадкового матеріалу столового буряку та картоплі.

Нанотехнології передбачають створення нанонутрієнів, нанотранспортних систем, нанокапсулювання харчових добавок, наноматеріалів для пакування харчових продуктів тощо [11, с. 8]. До нанонутрієнів відносяться харчові речовини дисперговані до нанорозмірних величин, завдяки чому поліпшується їх біодоступність (нанодиспергований фосфат заліза і наночастинки селену). Застосування нанорозмірних форм мікроелементів також сприяє покращенню біодоступності. Використання наноматеріалів в якості нанотранспортних систем вітамінів, ліпідів, біоантиоксидантів підвищує їх біодоступність, захищає від дії шлункового соку. Крім того, нанокапсулювання харчових продуктів застосовується з метою маскуванню небажаного смаку або запаху деяких харчових продуктів [13, с. 22]. Нанокапсули використовуються для доставки поживних речовин (лікопіну, бета-каротину, лютеїну, фітостеринів тощо) в організм, і це сприяє їх кращому засвоєнню. Незважаючи на наявність багатьох повідомлень про використання наночастинок у харчових продуктах, ефективність використання цих частинок у харчових продуктах людини практично не вивчена.

Ефективнішим є використання наночастинок у пакуванні продуктів харчування. Введення наночастинок у пакувальні матеріали підвищує їх стійкість до дії світла й тепла, посилює механічні й теплові характеристики, зменшує газопоглинання [13, с. 28]. Все вищевказане дає змогу створювати легкі, міцні і термічно стійкі пакувальні матеріали з антимікробними властивостями.

Вплив наночастинок на біологічні об'єкти. Незважаючи на всі успіхи від застосування нанотехнологій та стрімке зростання їх використання в харчових продуктах та пакувальних матеріа-

лах, необхідно проводити дослідження впливу наночастинок на людський організм та довкілля. При цьому необхідно враховувати не лише розмірні фактори, але й фізико-хімічні (площу поверхні, заряд, дози, шляхи надходження тощо) властивості. Відомо, що наночастинок смолистих речовин, потрапляючи в людський організм, впливають на клітини легень і можуть викликати серйозні захворювання. Наночастинок здатні проникати в організм людини через шкіру, кровоносні та лімфатичні судини. Через малі розміри наночастинок захисні системи людського організму можуть не розпізнати їх, наночастинок не піддаватимуться біотрансформації та не будуть виводитися з організму. Така ситуація може призвести до накопичення наночастинок в людському організмі, що передається по харчовому ланцюгу, рослинних та тваринних організмах, мікроорганізмах. Крім того, наночастинок, враховуючи малі розміри, можуть вбудовуватись у мембрани, проникати в клітинні органели, змінюючи функції біоструктур. У [14, с. 6; 15, с. 33; 16, с. 7; 17, с. 2] показано, що наночастинок розміром 70 нанометрів можуть проникати в легені, 50 нанометрів – в клітини, 30 нанометрів – у кров і клітини мозку. Видно, що проникна здатність із зменшенням розміру наночастинок зростає. Крім розмірних факторів, на токсичність впливає розчинність [18, с. 105]. Найбільшу токсичність мають нерозчинні у воді наночастинок розміром менше 20 нм. Відносно цитотоксичності можна відмітити, що вона зростає із збільшенням розміру наночастинок [17, с. 3; 18, с. 106; 19, с. 299].

Завдяки таким розмірам наночастинок вони можуть вступати в прямий контакт не лише з біологічними тканинами, а й з мікробними і немікробними токсинами. Так, наночастинок оксиду цинку діаметром 15 нм впливають на ріст бактерій *Escherichia coli* [20, с. 58; 21, с. 232].

Відносно нанотрубок потрібно зазначити, що ці наноматеріали можуть бути токсичними. Їх негативний ефект буде більш помітний по мірі збільшення довжини ланцюга [15, с. 34]. Токсична активність наночастинок залежить від багатьох факторів – способу отримання, кислотності середовища, великої питомої поверхні та інших факторів, які сприяють високій адсорбційній ємності, високій реакційній здатності. У зв'язку із цим при використанні наноматеріалів потрібно враховувати багато факторів. Так, зокрема, встановлено, що водо- і жиророзчинні похідні фулеренів запобігають пероксидному окисненню ефективніше, ніж природний антиоксидант – вітамін Е. Ззна-

чимо, що одностайної думки щодо впливу нанотехнологій на здоров'я людини не існує. У той же час збільшується кількість харчових продуктів із використанням нанотехнологій, що надають цим продуктам різноманітних смакових якостей, підвищують засвоєння корисних складових організмом людини.

Тому слід розробити єдину методику вивчення впливу нанотехнологій на людський організм для всіх країн, які використовують наноматеріали в харчових продуктах. Офіційне визначення Кодексом Аліментаріус наноматеріалів досі відсутнє. Недостатньо розроблено і методи виявлення, ідентифікації та кількісного визначення наночастинок у харчових продуктах [14, с. 8; 15, с. 35]. Згідно з висновком Об'єднаного комітету експертів ФАО/ВООЗ з харчових добавок [22, с. 20] специфікація, допустимі добові надходження харчових добавок, які використовуються для оцінки інших форм, не можуть бути запроваджені до матеріалів із наночастинками.

Відсутність в Україні національних стандартів безпеки щодо наноматеріалів ставить під загрозу здоров'я не лише споживачів нанопродуктів, але й працівників наноіндустрії. Вдосконалення методик оцінювання впливу на організм людини та навколишнє середовище розширює перелік наноматеріалів, що є токсичними й становлять небезпеку. Раніше вважалося, що наночастинки TiO_2 або SiO_2 безпечні, їх використовували в лікарських препаратах. У той же час з давнини відомо, що внаслідок вдихання пилу, який містить кремнезем, виникає тяжке професійне захворювання – силікоз. Зазначається, що небезпечні наночастишки TiO_2 або SiO_2 для біосфери мають певні структурно-морфологічні фракції. Залежність біологічної активності від структурно-морфологічних характеристик наночастинок пов'язана не лише із їх розмірами, але й від технології отримання цих частинок: окиснювальний синтез, плазмовий синтез, хімічне осадження, механічне подрібнення, механіко-хімічний синтез, золь-гель метод, високоенергетичне розмелювання, осадження з газової фази тощо. Підприємства, які займаються виробництвом нанопорошків, пропонують їх, лише вказуючи розмірний фактор, не враховуючи інших важливих характеристик. Так, російське підприємство «Плазмотерм» випускає широку гаму нанопорошків оксидів, карбідів, нітридів та їх композиції, вказуючи лише розмірні характеристики. На наш погляд, варто контролювати не лише розмір, а й розподіл за розмірними фракціями, визначати процентний вміст наночас-

тинок з різною кристалічною структурою та формами граней із різними кристалічними індексами тощо. Це важливо для забезпечення безпечності використання нанопорошків не лише при виготовленні тих чи інших виробів, але й для безпеки робітників, які працюють на цих підприємствах. Безпека застосування нанотехнологій повинна регулюватись нормативно правовими актами та законами. Національні стандарти в галузі нанотехнологій існують у США та інших країнах. В Україні робота в галузі нанотехнологій обмежується Постановою Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2009 року № 1231 «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010-2014 роки.

Здоров'я людини та охорона навколишнього середовища в контексті розвитку нанотехнологій та наноматеріалів. ТК 299 «Нанотехнології» ISO опублікував технічну доповідь ISO/TR 12885, яка є оглядом рекомендацій щодо запобігання шкідливій для здоров'я дії наноматеріалів, особливо наночасток, на людину та дотримання норм безпеки в процесі виробництва, обробки, використання і зберігання наноматеріалів [7, с. 112; 15, с. 33].

1. *Наноматеріали: характеристика і виробництво.* Наведено деякі характеристики і вказано області застосування фулеренів, сажі, вуглецевих нановолокон, вуглецевих нанотрубок і вуглецевих нанопластин, металевих оксидних наноструктурних матеріалів у формі агломерованих і агрегованих наночасток, золотих і срібних наночасток, металевих нанопроводів на основі кобальту, золота і міді, квантових точок із провідникових матеріалів, органічних полімерних матеріалів (дендримерів, волокон), біопоглинальних наноматеріалів. Дано короткий опис типових методів виготовлення наноматеріалів: аерозольних (полум'яного піролізу, високотемпературного випаровування і плазмового синтезу); рідкофазних (колоїдного, самооб'єднання, золь-гель-методу); осадження пари; електрополімеризації і електроосадження; електроцентрифугування (синтезу полімерних нановолокон); механічних (атриторних) процесів (помелу, змішування і легування) [5, с. 876; 7, с. 210; 8, с. 77].

2. *Характеристика небезпеки.* Обговорюються проблеми безпеки, пов'язані з впливом наноматеріалів (у першу чергу, випадкових або природних наночасток і нановолокон) на здоров'я людей. Наводяться результати епідеміологічних досліджень, пов'язаних із захворюваннями в результаті шкідливої дії наночасток. Дається оцінка небезпеки виробництва наноматеріалів [16, с. 12; 17, с. 2].

3. *Оцінка шкідливої дії наноматеріалів.* Обговорюються шляхи шкідливої дії наноматеріалів (при інгаляції, ковтанні, контакті із шкірою). Наведено огляд інструментарію і методів визначення схильності дії наночасток (прямого вимірювання концентрації, розмірного розподілу в аерозолях і вимірювання активної поверхні, гравіметричного і хімічного аналізу тощо). Наведено відомості про дозову оцінку (внутрішня схильність) [17, с. 3].

4. *Оцінка небезпеки у виробничому оточенні.* Вказано на компоненти процесу оцінки небезпеки – ідентифікація небезпеки, оцінка схильності, оцінка дії, характеристика небезпеки. Наголошується, що на сьогодні нормативні документи з кількісних методів оцінки небезпеки для здоров'я і дані про дію більшості наноматеріалів практично відсутні [6, с. 24; 7, с. 84; 14, с. 7; 15, с. 35].

5. *Методи контролю.* Проведено аналіз даних щодо принципів і методів контролю (регулювання) для зменшення або запобігання дії наноматеріалів, що виготовляються, на робочому місці. Показано, що основними засобами запобігання їх дії є: усунення джерел небезпеки; заміна джерел небезпеки (сировини – на менш токсичну, аерозольної продукції – на пасти, гранули, «сухих» технологічних операцій – на «вологі»); адекватне використання технічних засобів запобігання небезпеки (висока небезпека – локалізація процесу, середня – місцева вентиляція, низька, – загальна вентиляція);

адміністративні системи контролю (навчання та інструктаж, скорочення робочого часу, загальна і особиста гігієна); використання персональних засобів захисту [16, с. 13; 17, с. 2].

Таким чином, нинішній рівень вивчення безпеки нанотехнологій і наноматеріалів характеризується розробкою норм, тренінгів, методологій, стандартів, застосування яких у ході вивчення фізико-хімічних і фармако-токсикологічних властивостей нанопродукції, екологічних наслідків і, власне, нанотехнологічних процесів дасть змогу на основі обґрунтованих і об'єктивних результатів захистити здоров'я і забезпечити надійний рівень безпеки людей, які працюють із наноматеріалами.

ТК 229 опублікував план робіт в галузі стандартизації наноматеріалів і нанотехнологій. Намічена розробка 35 стандартів, із них найближчим часом буде опубліковано такі стандарти: ISO/TS 10867 «Nanotechnologies – Characterization of single-wall carbon nanotubes using near infrared photoluminescence spectroscopy»; ISO/TR 11811 «Nanotechnologies – Guidance on methods for nanotribology measurements».

Висновки.

1. Систематизовано результати останніх досліджень нанотехнологій у харчовій промисловості.
2. Наведено приклади впливу наночасток на біологічні об'єкти.

Список літератури:

1. Малишев В.В., Лукашенко Т.Ф., Липова Л.А., Сущенко А.М. Нанотехнології та підготовка сучасного інженера в світлі реалізації принципів і завдань Болонського процесу. Освіта регіонів. 2011. № 5. С. 52–58.
2. Бучаченко А.Л. Нанохімія – прямой путь к высоким технологиям нового века. Успехи химии. 2003. Т. 72. № 5. С. 419–437.
3. Становлення й розвиток нанотехнологій у світі і в Україні: використання інтелектуального капіталу, тенденції розвитку. Університет «Україна». 2009. № 10-11. С. 3–5.
4. Романенко Л., Малишев В., Романенко О., Сущенко А. Розпочинай власний бізнес в нанотехнологіях. Освіта регіону. Політологія, психологія, комунікації. 2011. № 1. С. 242–252.
5. Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов. Успехи химии. 2009. Т. 78. № 9. С. 867–888.
6. Малишев В.В., Кушевська Н.Ф., Гладка Т.М., Заблоцька О.І. Стандартизація в галузі нанотехнологій та наноматеріалів: напрямки розвитку, характеристика стандартів, термінологія. Строительные материалы и изделия. 2013. № 3. С. 22–25.
7. Андрощук Г.О., Ямчук А.В., Березняк Н.В., Кваша Т.К. та ін. Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження. Монографія. К.: УкрІНТЕІ, 2011. 275 с.
8. Павлыго Т.М., Сердюк Г.Г., Шевченко В.И. Стандартизація в області нанотехнологій и наноматериалов. Наноструктурное материаловедение. 2010. № 3. С. 70–80.
9. Moraru C.I., Pancharakesan, C.P., Huang, Q., Takhistov, P. et al. Nanotechnology: A new frontier in food science. Food Technol. 2003. V. 7. No. 12. P. 24–29.
10. Балабанов В.И., Балабанов И.В. Нанотехнологии: правда и вымысел. Монография. М.: Эксмо, 2010. 384 с.
11. Верников В.М., Арканова Е.А., Глюшинский И.В., Хотимченков С.А. и др. Нанотехнологии в пищевых производствах: перспективы и проблемы. Вопросы питания. 2009. Т. 78. № 2. С. 4–17.
12. Гончар Л.М. Використання наноматеріалів у технології вирощування пшениці озимої сорту Національна. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2009. № 4. С. 185–188.

13. Kuzma J., VerHage P. Nanotechnology in agriculture and food production. Anticipated Applications. Project on Emerging Nanotechnologies, Washington, DC, 2006. 41 p.
14. Онищенко Г.Г., Арчаков А.И., Бессонов В.В., Бокитько Б.Г. и др. Методические подходы к оценке безопасности наноматериалов. Гигиена и санитария. 2007. № 6. С. 3–10.
15. Андреев Г.Б., Минашкин В.В., Невский И.А., Путилов А.В. Материалы, производимые по нанотехнологиям: потенциальный риск при получении и использовании. Рос. хим. журн. 2008. Т. LII. № 5. С. 32–38.
16. Проданчук Н.Г., Балан Г.М. Нанотоксикология: состояние и перспективы исследований. Современные проблемы токсикологии и перспективы исследований. 2009. № 3-4. С. 4–20.
17. Курляндский Б.А. О нанотехнологиях и связанных с нею токсикологических проблемах. Токсикологический вестник. 2007. № 6. С. 2–3.
18. Meng H., Chen Z., Xing G., Yuan H. et al. Ultra high reactivity provokes nanotoxicity: Explanation of oral toxicity of nanocopper particles. Toxicology Letters. 2007. Vol. 175. P. 102–110.
19. Moghimi S.M., Hunter A.C., Murray J.C. Long-circulating and target-specific nanoparticles: theory to practice. Pharmacol. Rev. 2001. Vol. 53. P. 283–318.
20. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности [пер. с англ.]. Москва: Техносфера, 2008. 352 с.
21. Elder A.C.P., Gelein R., Azadniv, M., Frampton, M. et al. Systemic interactions between inhaled ultrafine particles and endotoxin. Ann. Occup. Hyg. 2002. Vol. 46. Suppl. 1. P. 231–234.
22. Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO technical report series. 2007. No. 940. 104 p.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Статья посвящена вопросу возникновения и развития нанотехнологий, их использования в пищевой промышленности, влиянию наночастиц на биологические объекты. Проанализирован вопрос состояния здоровья человека и охраны окружающей среды в контексте развития нанотехнологий и наноматериалов. Рассмотрен вопрос опасности и вредности наноматериалов.

Ключевые слова: нанотехнологии, наноматериалы, пищевая промышленность, биологические объекты, здоровье человека, охрана окружающей среды.

NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS IN FOOD INDUSTRY

This article is devoted to the emergence and development of nanotechnologies, to their use in the food industry, and to the effect of nanoparticles on biological objects. Problems of human health and environmental protection are considered in the context of development of nanotechnologies and nanomaterials.

Key words: nanotechnologies, nanomaterials, food industry, biological objects, human health, environment protection.

Гроховська Ю.Р.

Національний університет водного господарства та природокористування

Кононцев С.В.

Національний університет водного господарства та природокористування

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ОЧИЩЕННЯ ОБОРОТНОЇ ВОДИ УЗВ ВІД СПЛУК НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ

Досліджено кількісні та якісні показники забруднень рибницьких господарств з замкнутим водопостачанням. Відповідно до концепції ІМТА, з метою зниження кількості відходів та підвищення ефективності використання кормів у рибництві проведено аналіз можливих шляхів трансформації продуктів обміну риб, що складають основну частку забруднень. Обґрунтовано доцільність залучення до процесів видалення забруднень оборотної води УзВ представників водних рослин та безхребетних, які мають кормову цінність. Розроблено схеми трансформації нітроген- та фосфоромістких сполук у біомасу кормових організмів.

Ключові слова: екологічні біотехнології, аквакультура, ІМТА, очищення води, УзВ.

Постановка проблеми. Постійний ріст потреби населення Землі у рибницькій продукції на тлі одночасного виснаження запасів природних водних біоресурсів, пов'язаного з різними аспектами антропогенного впливу, обґрунтовує тенденцію до зростання обсягів виробництва аквакультури, отриманої інтенсивними методами в установках із замкнутим водопостачанням (далі – УзВ). Базові переваги замкнутих рибницьких комплексів з оборотним водопостачанням можуть бути реалізовані лише за умови ефективного очищення циркуляційної води до показників, що дозволять її використовувати повторно. Оскільки основну частину забруднень становлять продукти метаболізму риб та залишки кормів, головним завданням споруд очищення оборотної води є видалення амонійного нітрогену та нерозчинених органічних сполук. У собівартості вирощеної в УзВ продукції витрати на корми можуть становити 50-70%, також вагомою є частка витрат на очищення води та утилізацію утворених відходів. Отже, ефективні технології водоочищення та раціональне використання кормів є одними пріоритетних напрямків розвитку індустріального рибництва. Успішний досвід розвинутих країн світу у вирощуванні рибницької продукції прогресивними методами підтверджує актуальність даного питання в Україні, де такі господарства лише набувають популярності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед найвагоміших переваг УзВ є мінімаль-

ний вплив на навколишнє середовище, найвищі показники виходу продукції на одиницю об'єму рибницьких ємностей та можливість контролювати основні виробничі параметри, завдяки чому тривалість виробничого процесу суттєво скорочується у порівнянні з екстенсивними методами [1, с. 10-11]. Водночас, повна залежність рибницьких господарств індустріального типу від комбікормів, складники яких мають тваринне та рослинне походження, унеможливує розвиток даного сегменту аквакультури без вирішення проблеми раціонального та ефективного використання їх енергетичного потенціалу [2, с. 84]. Одним з найпрогресивніших підходів щодо забезпечення сталого розвитку в аквакультурі, є концепція інтегрованої мультитрофічної аквакультури, – ІМТА (Integrated multi-trophic aquaculture systems) [3, с. 218; 4, с. 29]. Одночасно зі зниженням негативного впливу на природні водойми, вона передбачає збільшення ефективності використання кормів шляхом організації вирощування у субкультурі з основними об'єктами (рибами) гідробіонтів, що мають харчову цінність та здатні споживати продукти метаболізму риб. У марикультурі вже існує позитивний досвід вирощування цінних видів безхребетних за концепцією ІМТА, які здатні трансформувати неперетравлені залишки рибницьких кормів [5, с. 301]. Найтоксичніший для риб амонійний нітроген може бути асимільований рослинами у прісноводній системі

аквапоніки при вирощуванні багатьох видів сільськогосподарських рослин [6, с. 838], або в умовах ветландів з пристосованими до високого засолення рослинами [7, с. 513; 8, с. 1476].

Більшість представників прісноводних гідробіонтів, які мають харчову цінність для людини, не можуть ефективно вирощуватись у системах очищення оборотної води УЗВ аналогічно до інтегрованої системи марікультури. На нашу думку, більш раціональним є культивування в інтегрованій системі тих груп гідробіонтів, які є цінними кормовими організмами у живленні риб [9, с. 90]. Так, згідно [10, с. 4] моллюски-детритофаги здатні забезпечити трансформацію у власну біомасу близько 45% сполук нітрогену та фосфору, що містяться у неперетравлених залишках кормів для риб. Для досягнення більш глибокого ступеня перетворення органічної речовини у кормову біомасу доцільним є залучення декількох груп очисних агентів, які відрізняються способом живлення та мають відмінні трофічні потреби. Оскільки нітроген та фосфор, що містяться у складі комбікормів, відіграють важливу роль у живленні риб, конверсія даних елементів з органічних забруднень оборотної води у доступну для споживання рибами біомасу кормових організмів дозволить одночасно із видаленням забруднень підвищити ефективність використання кормів.

Постановка завдання. Мета роботи – теоретичне обґрунтування біотехнології очищення оборотної води УЗВ з використанням кормових організмів для риб. Для характеристики процесів, які відбуваються при відновленні якості оборотної води рибницького господарства та перетворенні відходів у цінну біомасу кормових організмів було виконано наступні завдання:

1) проаналізовано кількісні показники та біохімічний склад основних забруднень оборотної води УЗВ за даними наукових джерел;

2) досліджено можливості її трансформації кормовими організмами відповідно до концепції ІМТА, які визначаються еколого-біологічними особливостями, зокрема будовою ШКТ;

3) узагальнено фізіолого-біохімічні процеси в організмі очисних агентів, які пов'язані з очищенням води і утворенням біомаси.

Виклад основного матеріалу. Згідно з аналітичними розрахунками [1, с. 71], при вирощуванні лососевих зі 100 кг внесеного корму з загальним вмістом білків 45% у воду у вигляді забруднень надходить 4,5 кг нітрогену та 0,55 кг фосфору. При цьому у біомасу риб трансформується лише 2,7 кг нітрогену та 0,45 кг фосфору. Очевидно,

що годівля кормами з нижчим вмістом білку буде супроводжуватись збільшенням обсягів твердих відходів, проте загальна кількість нітрогену та фосфору у продукції метаболізму суттєво не зміниться. Отже, в умовах замкнутого контуру УЗВ існує потенційна можливість збільшити ефективність використання кормів шляхом переведення у доступну риbam форму тих забруднень, що фактично являють собою незасвоєні компоненти корму. Традиційна технологія очищення оборотної води УЗВ характеризується утворенням пропорційної кількості твердих відходів, що складаються не лише з катаболітів риб, а й приросту мікробіоти очисних споруд, яка долучається до мінералізації органічної речовини.

Для реалізації очевидних переваг концепції ІМТА конструкції очисних споруд оборотної води мають забезпечити умови для вирощування інтегрованої субкультури. Водночас, враховуючи форму, в якій містяться сполуки нітрогену та фосфору, для трансформації їх у біомасу кормових організмів необхідно залучити декілька окремих груп очисних агентів. Так, найбільш раціональним шляхом видалення амонійного нітрогену є його пряма асиміляція водними рослинами. Відповідно до концепції ІМТА, нами запропоновано використання для даних процесів представників ряскових, які мають високу кормову цінність для більшості культивованих риб. Відповідно до представлених аналітичних даних, у біомасу ряскових можна трансформувати близько 3,9 кг нітрогену, який надходить у систему у вигляді амоній-йону. Враховуючи, що залучені до трансформації органічних забруднень безхребетні у процесі метаболізму також будуть виділяти у воду рідкі катаболіти, кількість асимільованого рослинами нітрогену може зрости пропорційно до обсягів мінералізованих забруднень. Виділені у розчиненій формі катаболіти безхребетних, як і розчинені продукти метаболізму риб з оборотною водою транспортуються у фітореактор, де завдяки асиміляції рослинами відбувається їх видалення з води. Частина розчинених органічних забруднень завдяки сорбції затримується на поверхні біоплівки споруд біологічного очищення та окислюються гетеротрофною мікробіотою споруди. Тому включення у біоценоз такого біореактора визначених груп очисних агентів забезпечує одночасну мінералізацію нерозчинених домішок та приросту біоплівки. Органічні рештки, які споживаються безхребетними тваринами у системі очистки води, крім кінцевих продуктів обміну речовин, містять суміш білків, пептидів,

амінокислот, ліпідів, полі- і моносахаридів, тригліцеридів, стеринів, фосфатидів, вільних жирних кислот, нуклеїнових кислот та їх складових.

Нітрогеновмісні та фосфоровмісні органічні речовини надходять з тваринними і рослинними рештками зі складу сухих, гранульованих і живих кормів для риб. Зокрема, до числа нітрогеновмісних речовин у складі органічної речовини відносяться білки та амінокислоти, нуклеїнові кислоти і їх складові (нуклеотиди, нуклеозиди, азотисті основи), похідні моносахаридів, хітин тощо. Значна кількість фосфору міститься у складі біополімерів клітин – білків, нуклеїнових кислот, ліпідів. З фосфоліпідів та фосфопротеїдів утворюються мембранні структури клітини і клітинних органелів. Фосфор входить до складу багатьох макроергічних сполук, які беруть участь в енергетичному обміні організму.

Білки та їх складові у складі органічних решток корму представлені переважно протеїдами та протеїнами (пептиди), амінокислотами. Розрізняють білки прості (протеїни) та складні (протеїди). Нуклеотиди присутні в усіх рослинних і тваринних кормах у вільній формі або у складі нуклеїнових кислот та/або нуклеопротеїдів. Вони являють собою внутрішньоклітинні компоненти, які задіяні у численних біохімічних процесах, є мономерами нуклеїнових кислот, беруть участь у перенесенні хімічної енергії (у вигляді АТФ та інших нуклеотидтрифосфатів), у процесах біосинтезу як

біорегулятори та коензими. Нуклеотиди побудовані з азотистої основи (піримідинової або пуринової), пентози (рибозою або дезоксирибозою) та містить від одного до трьох залишків фосфатної кислоти.

Поліпептиди та олігопептиди зазнають протеолізу під впливом ендо- і екзопептидаз і врешті-решт розщеплюються до вільних амінокислот (рис. 1). Зокрема, пепсин, який відноситься до групи ендопептидаз, був одним із перших виявлених ферментів, який відкрив Теодор Шванн ще у 1836 р.

Білки всмоктуються у вигляді амінокислот, низькомолекулярних пептидів і простетичних груп. Всмоктані продукти гідролізу розносяться кров'ю до органів і тканин, включаються до різних метаболічних циклів. З амінокислот синтезуються білки та біологічно активні речовини; частина амінокислот дезамінується і використовується для енергетичних потреб та біосинтезу ліпідів, вуглеводів тощо.

Аміак, який утворюється під час дезамінування амінокислот, пуринових і піримідинових основ та інших нітрогеновмісних сполук, використовується для амінування субстратів – у процесах біосинтезу амінокислот, азотистих основ тощо. Зокрема, бере участь у реакціях трансамінування, тобто перенесення α -аміногрупи від амінокислоти на α -вуглецевий атом α -кетокислоти – акцептора аміногрупи. Частина аміаку, як кінцевий продукт

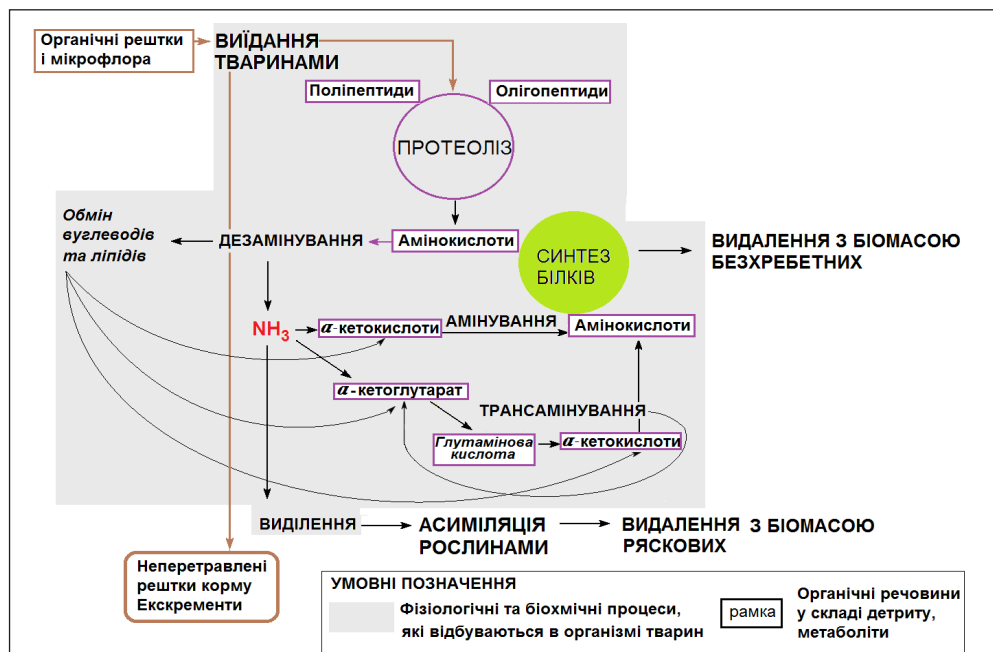


Рис. 1. Трансформація нерозчинених нітрогеновмісних органічних речовин оборотної води у біомасу очисних агентів

метаболізму тварин, через спеціальні органи безхребетних гідробіонтів – прото- та метанефридії, виділяється безпосередньо у воду.

Фосфоровмісні розчинені метаболіти риб представлені переважно фосфатами, що також можуть бути ефективно асимільовані рослинами. Фосфати засвоюються рослинами з розчину, вони їм необхідні для біосинтезу нуклеїнових кислот, АТФ тощо. Такий шлях дозволяє забезпечити пряму їх трансформацію у доступну риbam форму без утворення проміжних продуктів. Водночас, основна частина сполук фосфору, що надходять у воду, знаходиться у нерозчиненому вигляді (0,37 кг з 0,55 кг відповідно до [1, с. 71]). Додатково фосфор виділяється також і безхребетними у вигляді солей фосфату. Фосфоліпіди або фосфатиди – це складні ефіри, побудовані з багатоатомного спирту, високомолекулярних жирних кислот, фосфорної кислоти і азотистої основи. Фосфоліпіди складають 40-90% від загальної кількості ліпідів у мембрані клітин, тому рецептури комбікормів враховують загальну потребу риб у цьому елементі.

Після потрапляння у травну систему тварини, фосфопротеїди під впливом протеаз гідролітично розщеплюються до пептидів та фосфорної кислоти, нуклеопротеїди – до пептидів та нуклеїнових кислот (рис. 2).

Далі нуклеїнові кислоти під впливом нуклеаз зазнають гідролізу до нуклеотидів, які у свою чергу розщеплюються до вільних азотистих основ,

пентоз та фосфатної кислоти під впливом нуклеотидаз та нуклеозидаз. Продукти розщеплення органічних речовин всмоктуються у кишці, у т.ч. фосфорна кислота у вигляді нагрієвих та калієвих солей, азотисті основи – за участю нуклеотидів.

Описані вище біохімічні процеси трансформації нітроген- та фосфоровмісних органічних сполук принципово не відрізняються у представників трьох основних груп безхребетних, залучених до процесів очищення, – моллюсків, олігохет та вищих ракоподібних. Водночас, ці тварини мають різні пристосування для захоплення та заковтування корму, які зумовлені їх еколого-біологічними особливостями: мешкання у товщі детриту або на твердих поверхнях, живлення рослинною чи тваринною їжею, еврифагія, будова травної системи тощо. Послідовність залучення очисних агентів до трансформації забруднень має враховувати фазово-дисперсний стан нерозчинених домішок та особливості їх видалення механічними методами.

Оскільки дрібнодисперсні забруднення оборотної води УЗВ достатньо ефективно затримуються у біореакторах з інертним волокнистим носієм типу «Вія» або з площинним завантаженням, такі умови дозволяють черевоногим моллюскам легко пересуватись та харчуватись утвореними обростаннями, що включають мікробіоту. Обростання з твердих поверхонь зішкрібаються моллюсками за допомогою радули – кутикулярного покриву глоткового виросту або «язика», який вкритий хітиновими зубами. Органами виділення моллюсків є

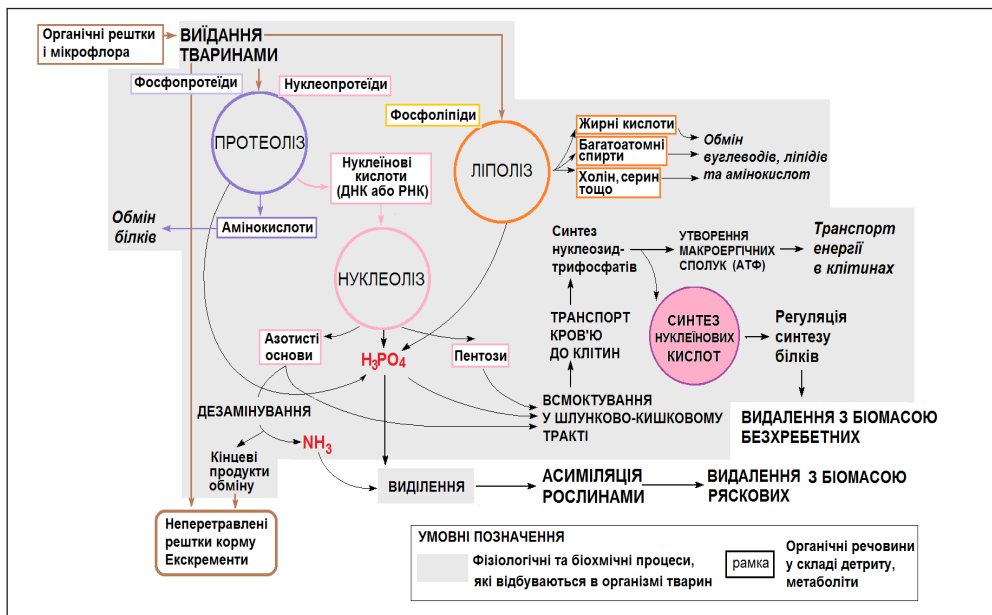


Рис. 2. Трансформація нерозчинених фосфоровмісних органічних речовин оборотної води у біомасу очисних агентів

нирки (видозмінені метанефридії), які виводять кінцеві продукти обміну речовин. У конструкції біореактора для культивування моллюсків необхідно передбачити приямок для накопичення та відведення твердих продуктів метаболізму.

Більшість малоцетинкових черв'яків, зокрема трубочники (*Tubifex tubifex* L.), харчуються детритом, який вони поглинають з ґрунтом. Шлунково-кишковий тракт олігохет, по суті, являє собою трубку, яка проходить вздовж тіла, але має потужну м'язову глотку безпосередньо за порожниною рота. Відповідно, для залучення олігохет у процеси трансформації забруднень найкраще підійдуть умови затопленого біологічного біофільтра, де створюються умови для інтенсивного замулення сипучого завантаження. Виділення в олігохет відбувається через невеликі протоки, відомі як метанефридії. Тверді відходи, які виділяються олігохетами у процесі мінералізації органічної речовини, необхідно видаляти зі споруди шляхом періодичної промивки фільтруючого завантаження.

Висновки:

1. За даними наукових джерел встановлено, що до складу органічних забруднень оборотної води

УЗВ входять нітрогено- та фосфоровмісні сполуки, які мають кормову цінність для безхребетних тварин – прості білки, фосфопротеїди, нуклеопротеїди, фосфоліпіди, полісахариди, а також продукти їх розщеплення.

2. Для реалізації концепції інтегрованої мультитрофічної аквакультури у межах замкнутого контуру УЗВ доцільно забезпечити культивування як очисних агентів представників водних рослин, червононогих моллюсків, олігохет та вищих ракоподібних.

3. Амонійний нітроген і фосфор, які екскретуються тваринами, у межах блоку очищення оборотної води асимілюються вищими рослинами у вигляді амоній-іону і фосфатів, що дозволяє трансформувати практично всі розчинені забруднення у доступну рибакам білкову біомасу.

4. Включення у процеси мінералізації органічних забруднень оборотної води червононогих моллюсків, олігохет та вищих ракоподібних забезпечить перехід нітроген- та фосфоровмісних нерозчинених сполук у приріст біомаси даних кормових організмів з пропорційним зменшенням кількості твердих відходів.

Список літератури:

1. Bregnballe J. A. Guide to Recirculation Aquaculture An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. FAO and EUROFISH. 2015. 97 p.
2. Martins C.I.M., Eding E.H., Verdegem M.C.J. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*. 2010. Vol. 43. Is. 3. P. 83-93.
3. Neori A., Ragg N.L.C., Shpigel M. The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: Performance and nitrogen partitioning within an abalone (*Haliotis tuberculata*) and macroalgae culture system. *Aquacultural Engineering*. 1998. Vol. 15. P. 215-239.
4. Marton E. Polycultures of fishes in aquaponics and recirculating aquaculture. *Aquaponics Journal*. 2008. Vol. 48. P. 28-33.
5. Hussenot J., Lefebvre S., Brossard N. Open-air treatment of wastewater from land-based marine fish farms in extensive and intensive systems: Current technology and future perspectives. *Aquat. Living Resour.* 1998. Vol. 11. P. 297-304.
6. Turcios Ariel E., Papenbrock J. Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents – What Can We Learn from the Past for the Future? *Sustainability*. 2014. Vol. 6. P. 836-856.
7. Webb J.M., Quinta R., Papadimitriou S. et al. Halophyte filter beds for treatment of saline wastewater from aquaculture. *Water Res.* 2012. Vol. 46. P. 512-514.
8. Waller U., Buhmann A.K., Ernst A. et al. Integrated multi-trophic aquaculture in a zero-exchange recirculation aquaculture system for marine fish and hydroponic halophyte production. *Aquaculture International*. 2015. Vol. 23. Is. 6. P. 1473-1489.
9. Саблій Л.А., Коренчук М.С., Кононцев С.В., Гроховська Ю.Р. Реалізація концепції системи інтегрованої мультитрофічної аквакультури у прісноводних рибницьких господарствах з замкнутим водопостачанням. *Вісник Хмельницького Національного Університету. Технічні науки*. 2017. №5. С. 89-93.
10. Crab R., Avnimelech Y., Defoirdt T., Bossier P., Verstraete W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*. 2007. Vol. 270. P. 1-14.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЧИСТКИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ УЗВ ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА

Исследованы количественные и качественные показатели загрязнений рыбоводных хозяйств с замкнутым водоснабжением. Согласно концепции ИМТА, с целью снижения количества отходов и повышения эффективности использования кормов в рыбоводстве проведен анализ возможных путей трансформации продуктов обмена рыб, составляющих основную часть загрязнений. Обоснована целесообразность использования в процессах удаления загрязнений оборотной воды УЗВ представителей водных растений и беспозвоночных, которые имеют кормовую ценность. Разработаны схемы трансформации nitrogen- и фосфоросодержащих соединений в биомассу кормовых организмов.

Ключевые слова: экологические биотехнологии, аквакультура, ИМТА, очистка воды, УЗВ.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BASES OF THE CIRCULATING WATER TREATMENT IN RAS FROM NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS

Quantitative and qualitative indicators of pollution of fish farms with closed water supply were studied. According to the IMTA approach, an analysis of possible ways of transforming the fish exchange products was made, which constitute the main part of the contamination, in order to reduce the amount of waste and improve the efficiency of using fodder in fish farming. The expediency of the involvement selected representatives of aquatic plants and invertebrates, which have feed value, in the process of removing contaminations of recycled water from RAS was substantiated. Schemes of transformation of nitrogen- and phosphorus-containing compounds into biomass of feed organisms were developed.

Key words: environmental biotechnology, aquaculture, IMTA, water treatment, RAS.

Кондратюк Н.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІВ ХАРЧОВИХ ПЛІВКОУТВОРЮЮЧИХ НА ОСНОВІ СУМІШІ УРОНАТНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ОБОЛОНОК ДЛЯ РИБНИХ ЗАКУСОК

У статті розглянуто актуальне питання можливості використання гелів харчових плівкоутворюючих на основі суміші уронатних полісахаридів (альгінату натрію та пектину) як оболонки для рибних закусок, готових для споживання. Приведені результати моніторингу ситуації з виробництва та використання оболонки, що біодеградує, зокрема для рибних закусок. За результатами реологічних досліджень обґрунтовано склад та описано технологію гелів харчових плівкоутворюючих із подальшими фазовими перетвореннями, що сприяють формуванню міцних і еластичних плівок. Розглянуто питання можливості використання оболонки на основі гелів харчових плівкоутворюючих на поверхні рибних закусок. Описано позитивний вплив оболонки на мікробіологічні показники якості та загальну органолептичну оцінку готової продукції.

Ключові слова: альгінат натрію, пектин, харчова оболонка, рибна продукція, оболонки, що біодеградує.

Постановка проблеми. Рибна продукція має безліч переваг для організму людини. По-перше, білки риби краще засвоюються організмом людини. По-друге, у рибних продуктах міститься набір корисних омега-кислот, які знижують рівень холестерину в крові, сприяють активації обмінних процесів у клітинах, регулюють кров'яний тиск і суттєво зменшують ризик виникнення порушень серцево-судинної системи. По-третє, рибні продукти є джерелом йоду – дуже важливого мікроелемента для нормалізації роботи щитовидної залози [1].

Отже, риба і рибні продукти мають становити значну частину харчового раціону людини, але, на жаль, більшість українців не дотримуються цієї рекомендації дієтологів і лікарів.

З огляду на корисний вплив риби та рибних продуктів на організм людини, у нашій державі чинний Закон України «Про рибу, інші водні живі ресурси та харчову продукцію з них», який визначає основні правові й організаційні засади забезпечення якості та безпеки риби, інших водних ресурсів, виготовленої з них харчової продукції для життя і здоров'я населення та запобігання негативному впливу на довкілля в разі вилову, перероблення, фасування та переміщення через митний кордон України [2, с. 265–266; 3].

Рибні закуски являють собою зпресований продукт у вигляді паличок із вмістом вологи до 30%, що

є сприятливим середовищем для розмноження мікроорганізмів, які викликають мікробне псування. Крім того, така продукція має здатність до втрати вологи, що значно знижує органолептичні показники якості і зменшує терміни придатності продукту.

Головним засобом запобігання можна вважати оболонки, які для даного виду продукції повинні бути міцними, щільними, еластичними, негігроскопічними, проявляти стійкість до впливу мікроорганізмів та дії температур під час сушіння [4].

Однак для рибних закусок досить важко здійснити підбір натуральних оболонки. Крім того, враховуючи світову тенденцію до мінімізації використання штучних полімерних оболонки у складі готового продукту, питання якості і тривалих термінів зберігання щодо даної продукції залишається й досі невирішеним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На світовому ринку останні роки з'явилася тенденція зростання частки продукції, що має високі показники якості. Однак для розширення асортименту підприємства харчової промисловості потребують нових технологій. А для створення нових продуктів необхідні нові харчові форми, тобто придання первинній структурі оригінального зовнішнього виду та технологічних властивостей [5].

Оскільки на харчових підприємствах, особливо на потужностях із виробництва риби та рибопро-

дуктів, найбільш ефективним є використання інгредієнтів із підвищеними захисними та поліпшеними технологічними властивостями, розроблення науково обґрунтованої технології плівкоутворюючих гелів для подальшого використання у виробництві рибних продуктів, зокрема рибних закусок, є актуальним.

Прагнення багатьох виробників оптимізувати харчопереробний бізнес дали поштовх широкому запровадженню інноваційних технологій та інгредієнтів, здатних підвищити якість продукції, що виробляється. Праці вчених: В. Баранова, С. Ставрова, Ф. Перцевого, П. Пивоварова, Д. Різ, Саскіа де Йонг, К. Рос та ін., присвячено обґрунтуванню механізму гелеутворення, зокрема й за умови додавання модифікуючих добавок. Сьогодні успішно застосовуються різноманітні за походженням, вартістю, функціональними можливостями та поживними властивостями інгредієнти: карагінани, пектини, альгірати, клітковина, камеді, агар тощо [6].

Однак ці речовини в нативному вигляді (тобто в стані порошків) не можуть бути використані в складі харчових продуктів, зокрема рибних закусок. Враховуючи здатність вищевказаних речовин до гелеутворення, а за деяких умов і драглеутворення, багато виробників рибних закусок і консервів виробляють продукцію в желейній основі.

Нами було запропоновано використання полісахаридів у складі оболонки для рибних закусок, які являють собою плівки, створені на основі гелів харчових плівкоутворюючих.

Раніше нами було встановлено, що гелі, сформовані завдяки реакції іонотропного гелеутворення в середовищі уронатних полісахаридів (зокрема альгірату натрію і пектину низькоетерифікованого та низькоетерифікованого амідованого) є найміцнішими та найпрозорішими. А після фазового переходу з гідрогелю в ксерогель формуються міцні прозорі плівки [7].

Проте варто зазначити, що гідрогелі, окрім альгірату натрію та низькоетерифікованого амідованого пектину, мають суттєві недоліки в процесі формування плівок. Так, наприклад, плівкам, утвореним із гелю чистого альгірату натрію, властива відносна «крихкість», оскільки структура гелів формується завдяки присутності значної кількості більш просторових елементів-гулуронатів, аніж лінійних – мануронатів. Пектин низькоетерифікований амідований складається з елементів, що здебільшого мають лінійні структурні ланки, тому плівки з гелю на основі чистого пектину низькоетерифікованого амідованого досить

пластичні, однак не міцні. У разі спільного використання можна усунути ці недоліки і надати плівці водночас пластичності та міцності, що дозволить використовувати такі системи у виробництві натуральних плівок, що біодеградують.

Постановка завдання. Використання плівок на основі композицій з альгірату натрію та пектину низькоетерифікованого амідованого як харчових оболонок є новим підходом у виробництві рибних закусок, які мають вигляд зпресованих паличок. Означений вид продукції має високу біологічну та харчову цінність завдяки високому вмісту білків риби; відрізняється від аналогів високими органолептичними показниками, які мають здатність до швидкого зниження через втрату вологи. Цілеспрямоване використання таких оболонок сприяє поліпшенню санітарно-мікробіологічних, органолептичних показників готового продукту. Водночас прогнозовано, що продовжаться і терміни придатності. Тому метою наших досліджень стало розроблення технології плівок, що біодеградують і утворюються на поверхні рибних закусок, з харчових гелів на основі композиції уронатних полісахаридів, для покращення показників якості та пролонгації термінів зберігання готової продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. З вищезазначеного випливає, що ефективніше використовувати складні суміші уронатних полісахаридів, що сприятиме покращенню органолептичних властивостей готового продукту. Очевидно, що за варіювання співвідношення полісахаридів у суміші можна регулювати властивості композиції загалом. Саме цей факт дозволяє спрогнозувати те, що різні комплекси мають здатність задовольнити різні технологічні потреби.

Для цього необхідним став аналіз переваг сумішей, які покладені в основу інноваційного розроблення.

У роботі описано новий вид харчової оболонки, складниками якої стали низькоетерифікований амідований пектин і високогулуронатний альгірат натрію. Завдяки наявності такої оболонки новий продукт буде мати високі органолептичні, функціональні і споживчі властивості, високий вміст вітамінів, мікроелементів без зміни органолептичних показників.

Альгірат натрію та пектин низькоетерифікований широко використовуються як гелеутворювачі у виробництві реструктурованих продуктів. Головною їхньою перевагою порівняно з іншими гелеутворювачами полісахаридної природи є здатність утворювати термостабільні гелі, які можуть формуватися вже за кімнатної температури.

Структура таких гелів залежить від низки чинників і визначається кінетикою реакції між молекулами альгінату натрію, пектину й іонами кальцію. За джерело іонів кальцію було обрано його розчинну сіль CaCl_2 . Внаслідок практично миттєвого розчинення солі швидкість реакції гелеутворення дуже велика, що важливо під час формування гелеподібної оболонки на готовому продукті, яка має швидко перетворитися на ксерогель. У результаті швидко утворюється однорідна структура, яка має достатню механічну міцність. Для того, щоб отримати однорідний, механічно міцний гель, необхідно домогтися повного протікання реакції. Для цього її необхідно провести у два етапи.

На першому етапі треба змішати сухі компоненти: альгінат натрію та пектин, згодом – додати води і дати набухнути компонентам. Після чого нанести гель на поверхню виробу (рибної закуски).

Другий етап полягає в тому, що на поверхню гелю необхідно розпилити аерозольним способом розчин CaCl_2 (0,5–1,0%). У такому разі однорідна за об'ємом структура гелю утворюється шляхом дифузії іонів кальцію всередину системи полісахаридів із подальшим зшиванням полімерних ланцюгів між собою. Завершенням цього етапу є підсушування зразків теплим повітрям або інфрачервоним випромінюванням для швидкого видалення зовнішньозв'язаної вологи із системи гідрогелю. Структура утворених гелю і плівки залежить від співвідношення концентрацій альгінат : пектин : Ca^{2+} .

Основна перевага висушених систем полягає в тому, що вони можуть набувати форми продукту, на який були нанесені. Такі плівки є стійкими під час нагрівання й охолодження, не впливають на смако-ароматичні показники готового продукту, оскільки нейтральні за смаком і мають лікувально-профілактичний ефект за споживання.

Реологічні властивості гелів харчових плівкоутворюючих на основі композицій «альгінат натрію – пектин», що містять різні співвідношення полісахаридів, досліджували за допомогою ротаційного віскозиметра ВПН-0,2. Раніше нами запропонована оптимальна концентрація сухих речовин у розчині гелю – 3%, що дозволяє одержувати міцні, термостійкі плівки.

Під час вибору концентраційних співвідношень полісахаридів виходили з рекомендацій поступового збільшення кількості одного полісахариду (альгінату натрію) в системі іншого (пектину).

За попередніми дослідженнями було визначено, що за показниками в'язкості найбільш оптимальними для побудови технологічного процесу, тобто такими, що можуть забезпечити швидке витікання гелю та його розтікання поверхнею виробу, є співвідношення альгінат : пектин 0,9 : 2,1 та 2,1 : 0,9. Реологічні криві наведені на рис. 1.

Аналіз реограм, наведених на рис. 1, свідчить про те, що показники в'язкості досліджуваних систем за вказаної швидкості зсуву дозволяють пояснити особливості формування гелю, утвореного на основі композиції з альгінату натрію високогулуронатного та пектину низькоетерифікованого амідованого. У таких гелях завдяки електростатичному притягуванню, яке виникає між функціональними групами із частково позитивним зарядом ($-\text{CH}_3$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COONa}$) та частково негативним зарядом ($-\text{COOH}$, $-\text{OH}$), відбувається взаємодія, яка підсилюється дією полярного розчинника – води.

У зразках з концентрацією альгінату натрію 2,1% та 0,9% було зафіксовано «аномальне» падіння в'язкості з 0,261 до 0,188 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ та з 0,213 до 0,175 $\text{Pa}\cdot\text{s}$. Це є наслідком збільшення концентрації пектину в системі, який містить функціональні групи із частково позитивним зарядом ($-\text{CH}_3$, $-\text{NH}_2$) і є носієм гідрофобних частинок ($-\text{CH}_3$). У цих зразках завдяки силам електростатичного тяжіння позитивно заряджені частинки пектину максимально наближаються до негативно заряджених частинок альгінату. Через виникнення вандерваальсових сил відбувається утворення асоціатів, які витісняють молекули води в зовнішні шари системи.

Ущільнення волокон уронатних полісахаридів і збільшення кількості молекул води в зовнішніх шарах системи спричиняє «проковзування» гелю між стінками ротаційного віскозиметра і відобра-

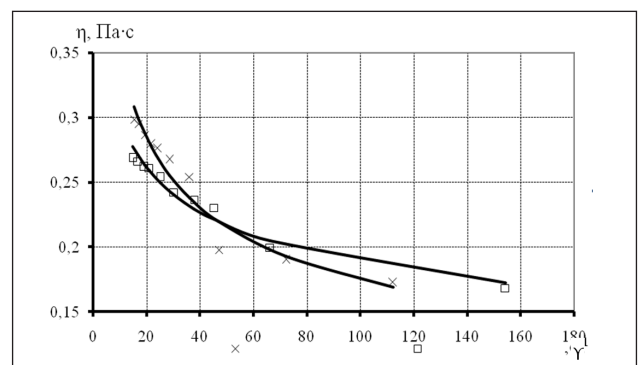


Рис. 1. Кінетика зміни в'язкості зразків гелів за швидкості зсуву 100 c^{-1} та масових співвідношень альгінат натрію : пектин : × – 0,9 : 2,1; □ – 2,1 : 0,9

жається зниженням показника в'язкості за зафіксованої напруги зсуву.

Таким є процес формування шарів гелю, які являють собою ланцюг переплєтених полісахаридних волокон альгінату і пектину за їх наближенн завдяки електростатичним взаємодіям [8].

Наступний етап експерименту – висушування. Гелі наносили тонким шаром на поверхню готових виробів, розміщених на решітці для стікання надлишку гелю в спеціальний прийомник для подальшого рециклінгу. Після цього аерозольним способом був розпилений розчин структуроутворювача на поверхню гелю. Далі підсушування відбувалося в полі інфрачервоного випромінювання з контролем температури нагріву поблизу поверхні виробів $38 \pm 2^\circ\text{C}$. Утворення сухої плівки на поверхні виробу та постійна маса за трикратного зважування свідчили про закінчення процесу випаровування вологи і відповідали моменту повного висихання.

Висновки. Виходячи з аналізу доступних наукових даних, можна зробити висновок, що використання гелів харчових плівкоутворюючих на основі сумішей уронатних полісахаридів у виробництві оболонки для рибних закусок як природного чинника мікробіологічної та органолептичної стабільності дає можливість подовжити

термін зберігання даних харчових продуктів, а також підвищити їхню харчову цінність. Уронатні полісахариди мають властивість зв'язувати важкі метали, виводити токсини, відновлювати склад мікрофлори товстого кишківника та дозволяють запровадити технологію виробництва рибних закусок (паличок) без використання штучних оболонок, замінивши їх плівками на основі уронатних полісахаридів, які мають хороші пребіотичні властивості і запобігають накопиченню патогенних мікроорганізмів.

На основі проведених аналітичних і експериментальних досліджень підібрано компоненти, визначено їхнє співвідношення та розроблено стратегію виготовлення гелів харчових плівкоутворюючих. Розроблено принцип нанесення гідрогелю на поверхню виробу, способи прискорення переходу з фази гідрогелю до фази ксерогелю. З аналізу отриманих реопараметрів можна зробити висновок про те, що за швидкості зсуву 100 с⁻¹ структура гелів харчових плівкоутворюючих за співвідношень альгінат натрію : пектин: 0,9 : 2,1; 2,1 : 0,9 практично цілковито відновлюється. Зауважимо, що реограми течії в усьому діапазоні вимірювань швидкостей мають нелінійний характер, що свідчить про стійкість гідрогелів до руйнування.

Список літератури:

1. Деркач Т., Кондратюк Н. Сучасні наукові напрями у харчуванні: навч. посібник. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2009. 212 с.
2. Богатко Н., Салата В., Букалова Н., Богатко Л., Каблучко М. Особливості запровадження системи НАССР на рибопереробних та рибодобувних підприємствах України. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2013. Т. 15. № 3 (57). Ч. 3. С. 265–272.
3. Про рибу, інші водні живі ресурси та харчову продукцію з них: Закон України, затв. ВР 6 лютого 2003 р. № 3486–IV; зміни від 6 липня 2010 р.
4. Пасовец Е., Свитич Ю., Стаскевич А. и др. Влияние мезофильных микроорганизмов на сроки хранения вареных колбас в зависимости от типа их оболочки. Сб. научн. Трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2016. № 9. Т. 1. С. 447–449.
5. Власенко В., Власенко И. Использование низину в производстве вареных колбас функционального направления. Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. 2016. № 2 (68). Т. 18. С. 21–26.
6. Степанова Т. Инновационные идеи в технологии сладких желированных блюд на основе плодово-ягодного сырья. Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. Нац. техн. ун-ту «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2015. Вип. 17. С. 108–113.
7. Kondratjuk N., Okovyty S., Pyvovarov Y. etc. Quantum-chemical modeling of urinate polysaccharides dimmers in the strategy of creating food biodegraded coatings. Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. праць. Серія «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. Х.: НТУ «ХПІ». 2017. № 41 (1263). С. 47–52.
8. Wolfel A., Marcelo R., Cecilia I.A.I. Post-synthesis modification of hydrogels. Total and partial rupture of crosslinks: Formation of aldehyde groups and recrosslinking of cleaved hydrogels. Polymer. 2017. V. 116. P. 251–260.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕЛЕЙ ПИЩЕВЫХ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ СМЕСИ УРОНАТНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОЛОЧЕК ДЛЯ РЫБНЫХ ЗАКУСОК

В статье рассматривается актуальный вопрос о возможности использования гелей пищевых пленкообразующих на основе смеси уронатных полисахаридов (альгината натрия и пектина) в качестве оболочки для рыбных закусок. По результатам реологических исследований обоснован состав и описана технология гелей пищевых пленкообразующих с последующими фазовыми преобразованиями, способствующими формированию крепких и эластичных плёнок. Рассмотрен вопрос возможности использования оболочек на основе гелей пищевых плёнкообразующих на поверхности рыбных закусок. Описано положительное влияние оболочек на микробиологические показатели качества и общую органолептическую оценку готовой продукции.

Ключевые слова: альгинат натрия, пектин, пищевая оболочка, рыбная продукция, биodeградирующие оболочки.

USING OF FOOD FILM-FORMED GELS ON THE BASIS OF URONATE POLYSACCHARIDES MIXTURE IN SHELLMAKING FOR FISH SNACKS

An actual question about the possibility of using food film-forming gel based on a mixture of uronate polysaccharides (sodium alginate and pectin) as a shell for fish snacks was considered. The results of rheological research was described in this article. The composition and technology of food film-forming gels with the subsequent phase transformations, which contribute to the formation of strong and elastic films, was substantiated. The question of the possibility of using shells based on food film-forming gels on the surface of the fish snacks was considered. The positive influence of shells on microbiological indicators of quality and the general organoleptic estimation of finished products was described.

Key words: sodium alginate, pectin, food shell, fish snacks, biodegradation shells.

УДК 637.142.2–027.33:664.856

Ланженко Л.О.

Одеська національна академія харчових технологій

Дец Н.О.

Одеська національна академія харчових технологій

Котляр Є.О.

Одеська національна академія харчових технологій

Нетудихата К.О.

Одеська національна академія харчових технологій

ПЕРЕРОБКА СИРОВАТКИ В ДЕСЕРТНІ ЖЕЛЕЙНІ ПРОДУКТИ

У роботі обґрунтовано використання екстракту аронії чорноплідної для досягнення профілактичної спрямованості десертного желе на основі молочної сироватки. Обґрунтовано параметри (температуру, тривалість і показник антиоксидантної активності) екстрагування біологічно активних речовин сироваткою із плодів аронії та підібрано раціональну концентрацію отриманого екстракту в продукті. Досліджено заміну частини желатину на яблучне пюре у виробництві желейного продукту оздоровчого призначення та визначені технологічні параметри процесу желеутворення. На основі експериментальних і теоретичних досліджень розроблено науково обґрунтовану технологію сироваткового желе з високою харчовою і біологічною цінністю й оздоровчими властивостями. Визначено граничний термін зберігання желе. У готовому продукті визначено органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості.

Ключові слова: молочна сироватка, аронія чорноплідна, десертне желе, фенольні сполуки, антиоксидантна активність, желеутворення.

Постановка проблеми. Для збільшення обсягів виробництва молочної продукції, зокрема й з оздоровчими властивостями, сьогодні раціонально використовувати вторинну молочну сировину. Щорічно у виробництві твердих, кисло-молочних сирів і казеїну отримують майже 2,4 млн. т молочної сироватки (підсирної, сирної та казеїнової відповідно), з яких переробляється на харчові цілі лише 25% [1, с. 130; 2, с. 39].

Для створення продуктів оздоровчого спрямування до їхнього складу додають біологічно активні речовини (антиоксиданти, вітаміни, фенольні речовини, фітопрепарати та ін.), які використовуються для профілактики багатьох захворювань, зокрема серцево-судинних і онкологічних. Природні антиоксиданти (токоферолі, фенольні і поліфенольні сполуки, аскорбінова кислота), потрапляючи до організму людини із продуктами харчування, виконують захисну роль, запобігаючи окисненню найважливіших компонентів біологічних мембран клітин [3, с. 185; 4, с. 983].

Останнім часом зростає цікавість учених і промисловців до розроблення і виробництва нових видів харчових продуктів оздоровчого і профілактичного призначення. Модною тенденцією в здоровому харчуванні став пошук раціональних способів перероблення молочної сироватки в різні групи продуктів. Перспективним напрямом вважається перероблення вторинної сировини в десертні желейні продукти з використанням натуральних фітоматеріалів [5, с. 166].

Використання сироватки дозволяє отримати продукт із дієтичними, профілактичними, лікувальними властивостями і водночас забезпечити безвідходне виробництво в молочної промисловості [6, с. 60].

Біологічна цінність сироватки зумовлена білками, які не містять лімітованих амінокислот. Сироваткові білки – цінне джерело лейцину, триптофану, метіоніну, гістидину й аргініну. До сироватки переходять майже всі макро- й мікроелементи молока, більша частина лактози, а також

водорозчинні вітаміни. За набором і абсолютним вмістом вітамінів сироватка – біологічно повноцінний продукт [7, с. 50; 8, с. 53].

До продуктів оздоровчого призначення відносять продукти, які отримані з натуральних інгредієнтів, містять велику кількість біологічно активних речовин, біологічно значуще впливають на організм людини, допомагають адаптуватися до впливів зовнішнього середовища, попереджують виникнення захворювань і передчасне старіння. Для їхнього збагачення доцільно використовувати біологічно активні речовини (далі – БАР): фенольні сполуки, вітаміни і мінеральні елементи антиоксидантного ряду [9, с. 2].

Як джерело БАР для створення желейних продуктів на основі молочної сироватки запропоновано плоди аронії чорноплідної (*Aronia melanocarpa L.*). Плоди горобини містять каротиноїди, ретиноїди, фенолові сполуки (антоціанідини, флавоноїди, дубильні речовини), вітаміни, органічні і жирні кислоти, мікро- і макроелементи, фосфоліпіди тощо. За хімічним складом плоди *Aronia melanocarpa* містять: не менше 45,5 мг/100 г вітаміну С; не менше 6,3% фенольних сполук; не менше 1,75% флавоноїдів; не менше 5 976,3 мг% антоціанів; не менше 872 мг% катехинів [10, с. 161].

Встановлено, що БАР плодів *Aronia melanocarpa* мають противиражкову, репаративну, гепатопротекторну дію, що реалізуються, зокрема, завдяки протизапальному, мембраностабілізуючому, антиоксидантному ефектам [11, с. 37].

Для створення желейного десерту правильної структури і консистенції за гелеутворювач використовують желатин, який підвищує в'язкість водних розчинів і обумовлює механічну міцність, еластичність і пружність продукту. Разом з перевагами желатину має відчутний недолік – високу вартість. Заміна частини желатину на яблучним пюре (джерелом пектинових сполук), з одного боку, вирішує проблему ціноутворення – здешевлює продукт, з іншого боку, покращує смакові характеристики сироваткового желейного десерту для споживача [12, с. 42; 13, с. 57].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До асортименту продуктів, які можна виробляти з молочної сироватки, входять: продукти з вершків, білкові продукти, напої, продукти біологічного оброблення, молочний цукор, згущені й сухі концентрати, морозиво, сири [7, с. 50].

Сьогодні в Україні асортимент продуктів на основі молочної сироватки досить обмежений. Тоді як у багатьох країнах світу популярні напої з

використанням молочної сироватки. У поєднанні зі фруктовими й овочевими соками, плодово-ягідними пюре молочну сироватку використовують для приготування різноманітних напоїв, які мають не лише приємний і освіжаючий ефект, але і оздоровчі властивості [1, с. 131; 2, с. 39; 6, с. 60].

Концепція здорового харчування набирає обертів, і розроблення нових десертів спрямоване на створення продукту лікувального і профілактичного призначення. У молочній промисловості України і світу желеподібні десерти частіше за все створюються на основі кисломолочного сиру з додаванням або без додавання сироватки, вершків, різних ароматичних і смакових наповнювачів. Ця група продуктів призначена для безпосереднього вживання в їжу [5, с. 166; 12, с. 40].

Для надання харчовим продуктам антиоксидантних властивостей до їхніх рецептур доцільно вводити екстракти рослин, які ретельно вивчають учені. Доведено, що різна рослинна сировина з високим вмістом фенольних і поліфенольних сполук, вітамінів, терпеноїдів фенольного ряду проявляє антиоксидантну активність [14, с. 9; 15, с. 409].

Тому авторами запропоновано створення десертного желейного продукту на основі сироватки й екстракту плодів аронії чорноплідної з антиоксидантними властивостями.

Постановка завдання. Мета роботи – розроблення науково обґрунтованої технології желе на основі молочної сирної сироватки з використанням рослинних компонентів оздоровчого призначення.

Для досягнення поставленої мети вирішували такі завдання:

– дослідити процес екстрагування біологічно активних речовин із плодів аронії чорноплідної і підібрати раціональну концентрацію отриманого екстракту для використання в технології десертного желе;

– обґрунтувати технологічний режим гелеутворення сироваткового желе оздоровчого призначення;

– розробити технологію виробництва десертного желейного продукту на основі молочної сирної сироватки;

– визначити показники якості цільового продукту і встановити граничний термін зберігання без втрати якості.

Матеріали і методи досліджень. Для проведення експериментальних досліджень за основу сировину використовували сирну сироватку, отриману під час виробництва сиру кисломо-

лочною на ТОВ «Гормолзавод № 1» (м. Одеса). Як додаткову сировину було використано сухі плоди *Aronia melanocarpa* (виробник – ЗАТ «Ліктрави», Україна), ягідний наповнювач «Яблучне пюре» (виробник – ТОВ «Агрона Фрут Україна»), цукор-пісок, згідно з вимогами ДСТУ 4623–2006, желатин, згідно з вимогами ТУ У 24.6–00418030–002:2007, ванілін згідно з вимогами ТУ У 24.6–00418030–002:2007.

Під час виконання досліджень масову частку антоціанів і лейкоантоціанів визначали спектрофотометричним методом [16, с. 126], масову частку сухих речовин – арбітражним методом за ДСТУ ISO 6731:2007, антиоксидантну актив-

ність екстрактів із плодів аронії чорноплідної – за зміною швидкості окиснення $NAD \cdot H_2 / NAD$ з використанням електронно-транспортної системи «нікотинамідаденіндинуклеотид відновлений $NAD \cdot H_2$ – фериціанід калію $K_3[Fe(CN)_6]$ » [7, с. 52]; титровану кислотність зразків визначали титриметричним методом за ГОСТ 3624–92; активну кислотність – потенціометричним методом за ДСТУ 8550:2015; температуру – за ДСТУ 6066:2008; кількість бактерій групи кишкових паличок (далі – БГКП) – за ДСТУ IDF 73A:2003; кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (далі – КМАФАнМ) – за ДСТУ IDF 100B:2003.

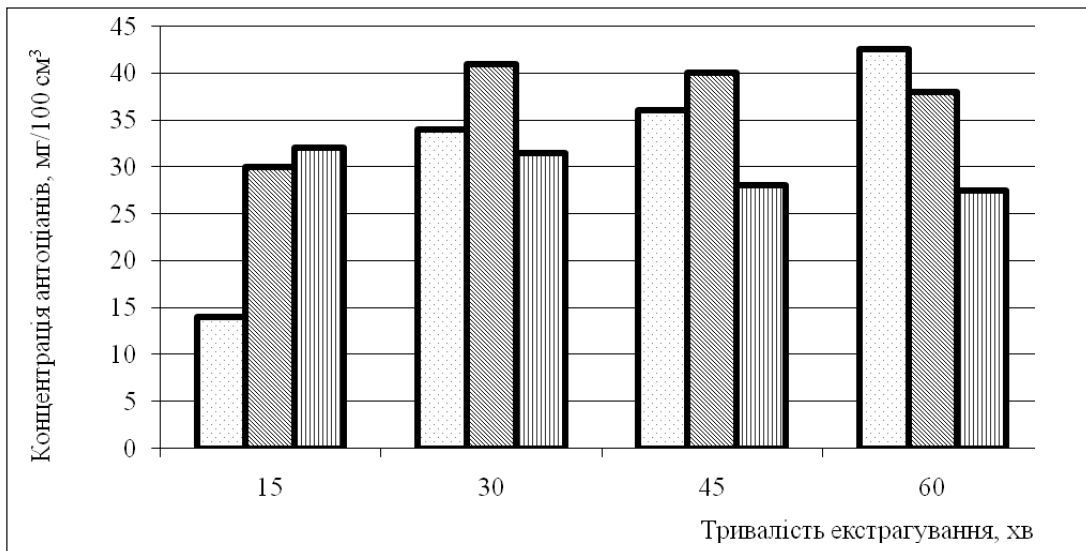


Рис. 1. Залежність екстрагування антоціанів із плодів *Aronia melanocarpa* від тривалості та температури: □ – 40°C, ▨ – 50°C, ▩ – 60°C

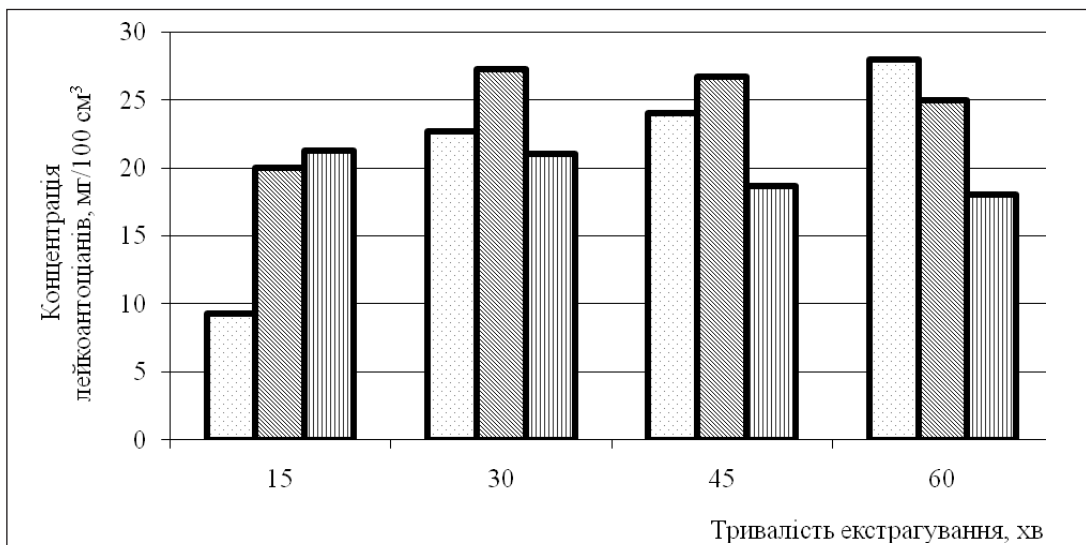


Рис. 2. Залежність екстрагування лейкоантоціанів з *Aronia melanocarpa* від тривалості та температури: □ – 40°C, ▨ – 50°C, ▩ – 60°C

Для обґрунтування процесу гелеутворення проводили панетраційні дослідження, результати яких є об'єктивними характеристиками, що відображають опір матеріалу зминанню і зсуву. Основою, величиною, отриманою під час панетрації, є гранична напруга зсуву τ_0 (Па), величина якої може бути визначена за формулою Ребіндера:

$$\tau_0 = \frac{K_\alpha * P}{h^2},$$

де h – глибина занурення, м;

K_α – константа конуса, яка залежить від кута α при вершині;

P – зусилля панетрації, Н.

Як індентор для визначення панетрації рекомендований конус з органічного скла з кутом при вершині 30° ($K_\alpha = 0,959$). Зусилля панетрації дорівнює вазі конуса, втулки і системи занурення.

Виклад основного матеріалу дослідження. На першому етапі роботи досліджували процес екстрагування БАР із плодів *Aronia melanocarpa*. Рослинний екстракт отримували в такий спосіб: сухі плоди сортували, подрібнювали, за екстрагент використовували сирну сироватку; здійснювали екстрагування за температури 40, 50 і 60°C протягом 60 хв. Проби для аналізу відбирали кожні 15 хв. Отриманий екстракт фільтрували. Критеріями оцінки ефективності екстрагування обрали масову частку антоціанів, лейкоантоціанів і показника антиоксидантної активності. Для дослідження використовували співвідношення плоди аронії : екстрагент 1 : 10. Вплив температури і тривалості процесу екстрагування на вміст антоціанів, лейкоантоціанів, сухих речовин і показник антиоксидантної активності екстракту представлені на рис. 1–4.

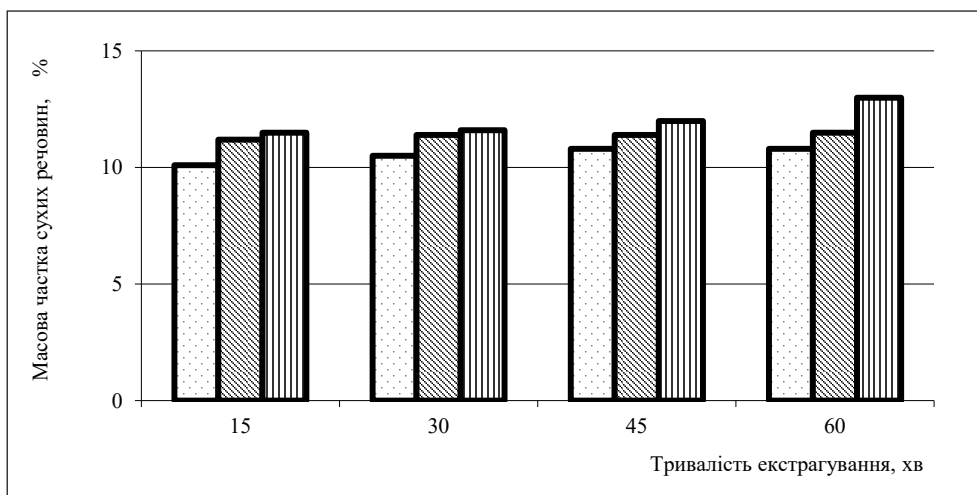


Рис. 3. Залежність екстрагування сухих речовин із плодів *Aronia melanocarpa* від тривалості та температури: □ – 40°C, ▨ – 50°C, ▩ – 60°C

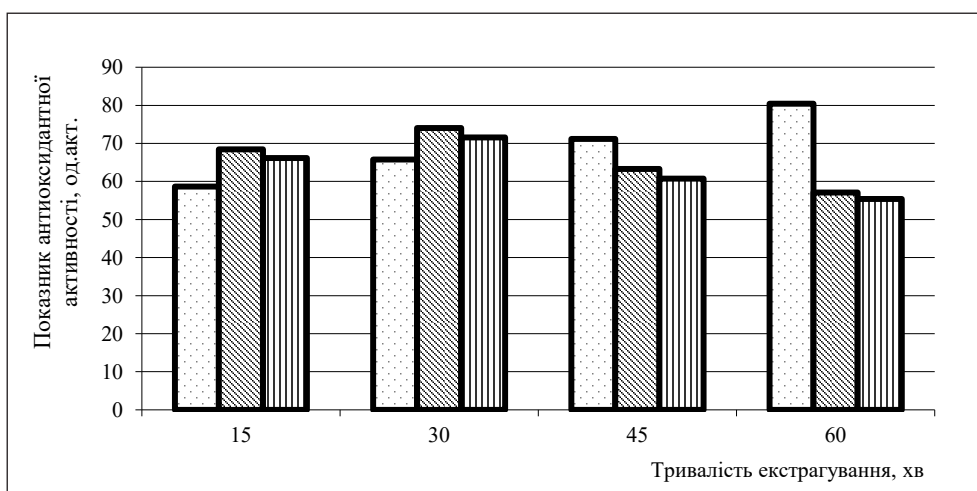


Рис. 4. Залежність антиоксидантної активності екстракту від тривалості та температури: □ – 40°C, ▨ – 50°C, ▩ – 60°C

Найвища інтенсивність процесу екстрагування антоціанів і лейкоантоціанів із плодів *Aronia melanocarpa* (рис. 1, 2) відзначається через 60 хв. за температури 40°C – 42,5 і 28,0 мг/100 см³ відповідно. Підвищені температури 50 і 60°C знижують вміст БАР у сироватковому екстракті. Вміст антоціанів за вказаних температур починає знижуватися вже через 30 хв. екстрагування; а вміст лейкоантоціанів зменшується через 15 хв. високо-температурного екстрагування.

Максимальна кількість сухих речовин досягається за температури 60°C через 60 хв. процесу екстрагування сирною сироваткою за співвідношення плодів аронії чорноплідної : екстрагенту 1 : 10 і становить 13,0% (рис. 3).

Максимальне значення антиоксидантної активності екстракту із плодів *Aronia melanocarpa* зазначається за температури 40°C на 60 хв. процесу екстрагування БАР антиоксидантного ряду і становить 80,5 од. акт. За підвищення температури екстрагування починає знижуватися після 30 хв. екстрагування і на 60 хв. становить 57,1 і 55,4 од. акт. за температури 50 і 60°C відповідно (рис. 4).

Зважаючи на отримані дані, процес екстрагування плодів *Aronia melanocarpa* молочної сирною сироваткою за співвідношення плоди аронії : екстрагенту 1 : 10 доцільно проводити за температури 40°C протягом 60 хв.

За органолептичними показниками отриманий екстракт – однорідна рідина насичено рожевого кольору з терпкватим смаком і присмаком і ароматом аронії чорноплідної. За фізико-хімічними показниками сироватковий екстракт містить

42,5 мг/100 см³ антоціанів; 28,0 мг/100 см³ лейкоантоціанів; 10,8% сухих речовин; має титровану кислотність 90°Т; показник антиоксидантної активності 80,5 од. акт.

Для підбору кількості екстракту в десертному желе проводили 10, 20, 30, 40 і 50%-ву заміну сироватки на екстракт. За сенсорними дослідженнями встановлена 30%-ва заміна молочної сирної сироватки на екстракт із плодів *Aronia melanocarpa* в рецептурі желейного десерту, оскільки в разі підвищення концентрації до 40 і 50% з'являється терпкий, гіркуватий і надлишковий кислий присмак, обумовлений надмірним зростанням титрованої кислотності.

На другому етапі роботи обґрунтовували режим гелеутворення у виробництві желе на основі сироватки. Для встановлення режиму гелеутворення здійснювали часткову заміну желатину в рецептурі на яблучне пюре, яке містить 1,0% пектинових сполук, які є якісними структуроутворювачами.

За рецептурою, до суміші для виробництва желейного продукту вводять 3,0% желатину. Для зниження вартості цільового продукту і підвищення його антиоксидантної активності запропоновано замінити частину желатину на яблучне пюре. Запропоновано замінити одразу 1,5 г желатину на яблучне пюре. Результати гелеутворення підтверджуються дослідженнями готового желе на величину граничної напруги зсуву, які показані на рис. 5.

Дослідження процесу гелеутворення показали, що за вмісту желатину в готовій суміші менше 1,2% гелеподібна структура взагалі не утворюється. За

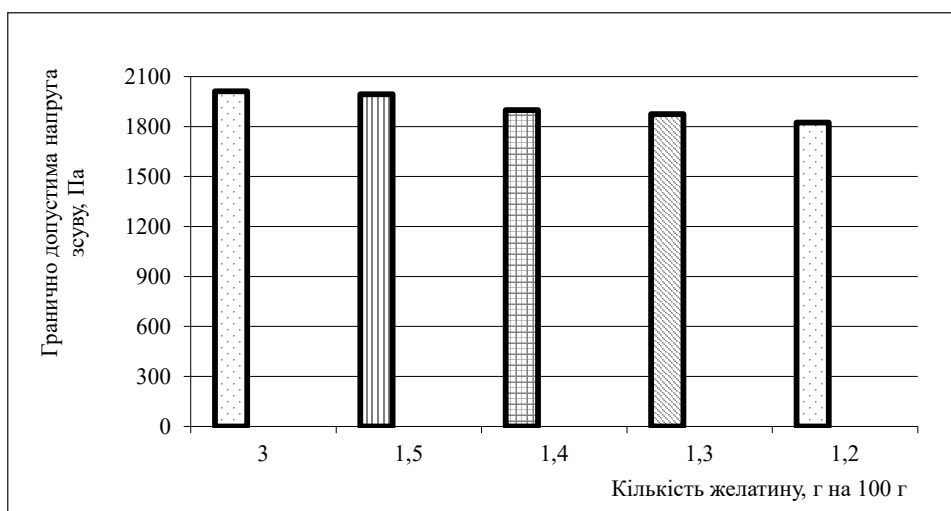


Рис. 5. Залежність кількості желатину в рецептурній суміші від гранично допустимої напруги зсуву

вмісту желатину 1,2 і 1,3 г на 100 см³ суміші тривалість гелеутворення із 3...4 год за класичною технологією зростає до 8 год., причому структура утворюється нещільна, вона більш м'яка і рихла. За вмісту желатину 1,4...1,5 г на 100 см³ гелеутворення триває протягом 4 та 3 годин відповідно за температури 4 ± 2°C, водночас утворюється драглиста структура, яка відповідає нормативній документації.

Аналіз даних рис. 5 показує, що максимальне значення граничної напруги зсуву зазначається за кількості желатину 3,0 г на 100 г суміші і становить 2 012,1 Па, зі зменшенням кількості желатину 1,5...1,2 г відповідно зменшується і значення граничної напруги зсуву – 1 994,4...1 824,5 Па.

Згідно з даними, для виробництва сироваткового желе на основі молочної сирної сироватки

Таблиця 1

Показники якості готового сироваткового желе з *Aronia melanocarpa* оздоровчого призначення

Найменування показника	Характеристика
Смак і запах	Чисті, без сторонніх присмаків і запахів, із присмаком яблучного пюре й аронії чорноплідної
Консистенція і зовнішній вигляд	Однорідна, щільна, гелеподібна структура, без відокремлення сироватки, колір приємний, рожевий
Титрована кислотність, °Т	60,0 ± 1,0
Активна кислотність, од. рН	5,2 ± 0,1
Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/см ³	5,1•10 ²
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) в 0,1 см ³ продукту	відсутні

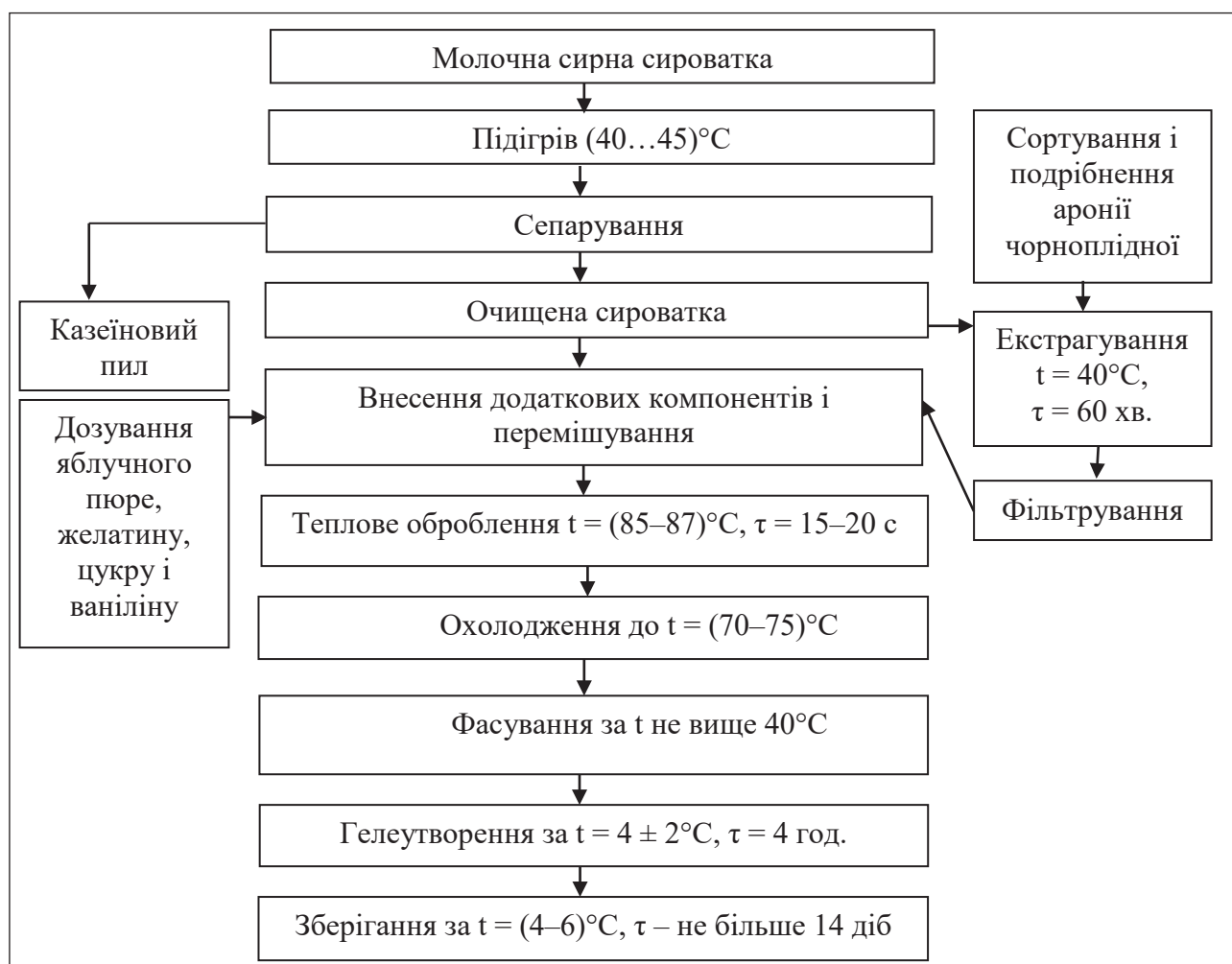


Рис. 6. Технологічна схема виробництва десертного желе оздоровчого призначення

пропонується кількість желатину в суміші 1,4 г на 100 см³ суміші. За такої кількості тривалість процесу становить 4 години за температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень була складена технологічна схема виробництва десертного желейного продукту на основі молочної сирної сироватки з додаванням екстракту плодів *Aronia melanocarpa*, яка представлена на рис. 6.

Для встановлення граничного терміну зберігання десертного желе продукт зберігали протягом 21 доби. Протягом зберігання визначали органолептичні, фізико-хімічні і мікробіологічні показники. Зберігати желе оздоровчого призначення доцільно за температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 14 діб, оскільки в разі підвищення температури втрачається гелеподібна структура. Використання температури зберігання нижче 0°C у технологіях згаданих продуктів недопустимо, оскільки під час їх заморожування змінюється структура продукту і його складових компонентів (білків, структуроутворювачів і БАР). У разі зберігання цільового продукту понад 14 діб желе набувало кислуватого сироваткового присмаку, обумовленого надмірною титрованою (70°T) і активною (4,6 од. рН) кислотністю; втрачало щільну структуру з відокремленням сироватки.

У готовому продукті на кінець терміну зберігання визначено органолептичні, фізико-хімічні і мікробіологічні показники якості, які наведені в табл. 1.

Перспективами подальших досліджень є: розроблення нормативної документації на їх виробництво; проведення промислової апробації розробленої технології.

Висновки. У результаті узагальнення теоретичних і експериментальних досліджень розроблено науково обґрунтовану технологію виробництва желе на основі молочної сирної сироватки з *Aronia melanocarpa* оздоровчого призначення.

1. Отримані параметри процесу екстрагування біологічно активних речовин із плодів аронії чорноплідної – 40°C протягом 60 хв., оскільки за цих параметрів досягається максимальний показник антиоксидантної активності – 80,5 од. акт.; підібрано раціональну концентрацію сироваткового екстракту із плодів аронії чорноплідної. Кількість екстракту на 100 кг суміші становить 30 кг.

2. Проведена заміна 1,6 г желатину в рецептурі на яблучне пюре і встановлені технологічні параметри процесу гелеутворення: температура – $4 \pm 2^\circ\text{C}$, тривалість – 4 години.

3. Встановлений граничний термін зберігання цільового продукту: за температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 14 діб, і визначені органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості.

Список літератури:

1. Назаренко Ю., Ященко С. Особливості використання молочної сироватки та ретентату, отримання високоякісних напоїв оздоровчого харчування. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2016. Вип. 1. С. 127–142.
2. Павлюк Р., Погарська В., Абрамова Т. та ін. Технологія тонізуючих нанонапоїв на основі молочної сироватки, збагачених кріопастами з овочів і фітоекстрактами. Прогресивні техніка та технології харчових виробництвресторанного господарства і торгівлі. 2015. Вип. 1. С. 37–49.
3. Пахомов І. Антиоксиданти рослинного походження для жировмісних кондитерських виробів. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2016. Т. 22. № 1. С. 185–191.
4. Deepak M., Surendra S., Mahabaleshwar V. et al. Significance of Antioxidant Potential of Plants and its Relevance to Therapeutic Applications. International Journal of Biological Sciences. 2015. № 11(8). P. 982–991.
5. Турчин І., Гамкало Х., Войчишин А. Використання молочної сироватки при виробництві десертів. Науковий вісник ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького. Серія «Харчові технології». 2017. Т. 19. № 80. С. 165–168.
6. Павлюк Р., Погарская В., Абрамова Т. и др. Разработка функциональных оздоровительных нанонапитков на основе молочной сыворотки. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. № 6 (10). С. 59–64.
7. Ткаченко Н., Некрасов П., Вікуль С. Оптимізація рецептурного складу напою оздоровчого призначення на основі сироватки. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. № 1(10). С. 49–57.
8. Дідух Г. Отримання мікропартикуляту з концентрату білків молочної сироватки. Харчова наука і технологія. 2015. № 2. С. 52–56.
9. Воронова Н., Овчаров Д. Разработка технологии функционального напитка на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями. Научный журнал КубГАУ. 2014. № 104 (10). С. 1–17.
10. Семенів Д. Дослідження властивостей субстанцій аронії чорноплідної. Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології. 2014. Вип. 1. С. 160–165.

11. Семенів Д., Белік Г., Куценко Т. та ін. Вивчення впливу субстанцій аронії чорноплідної на білковий обмін. Український біофармацевтичний журнал. 2015. № 5. С. 37–41.
12. Кравчук Т. Вітамінізовані желейні десерти з використанням антоціанових добавок для закладів ресторанного господарства. Харчова наука і технологія. 2013. № 1. С. 40–43.
13. Сторожук В., Сапожнікова Н. Закономірності термічної деструкції пектинових речовин яблук. Харчова наука і технологія. 2012. № 4. С. 57–60.
14. Головка М., Пенкіна Н., Колесник В. Антиоксидантні властивості деяких видів рослинної сировини. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011. № 4 (6). С. 9–11.
15. Монастирська С., Волошанська С., Стецик Р. Антиоксидантна дія екстрактів окремих лікарських рослин. Вісник Львівського університету. Серія «Біологічна». 2016. Вип. 73. С. 409–412.
16. Онищенко У. Кількісне визначення антоціанів в квітках рослин Мальвові. Український медичний альманах. 2012. Т. 15. № 15. С. 126–127.

ПЕРЕРАБОТКА СЫВОРОТКИ В ДЕСЕРТНЫЕ ЖЕЛИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ

В работе обосновано использование экстракта аронии черноплодной для достижения профилактической направленности десертного желе на основе молочной сыворотки. Обоснованы параметры (температура, длительность и показатель антиоксидантной активности) экстрагирования биологически активных веществ сывороткой из плодов рябины и подобрана рациональная концентрация полученного экстракта в продукте. Исследована замена части желатина на яблочное пюре при производстве желеированного продукта оздоровительного назначения и определены технологические параметры процесса гелеобразования. На основе экспериментальных и теоретических исследований разработана научно обоснованная технология сывороточного желе с высокой пищевой и биологической ценностью и оздоровительными свойствами. Определен граничный срок хранения желе. В готовом продукте определены органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества.

Ключевые слова: молочная сыворотка, арония черноплодная, десертное желе, фенольные вещества, антиоксидантная активность, гелеобразование.

PROCESSING OF WHEY IN DESSERT JELLY PRODUCTS

This paper substantiates the use of the extract of Aronia melanocarpa to achieve the prophylactic orientation of dessert jelly based on whey. The parameters (temperature, duration and index of antioxidant activity) of extraction of biologically active substances with whey from rowan berries were substantiated and a rational concentration of the extract obtained in the product was selected. The replacement of the gelatin part with apple puree for the production of a gelled product for health purposes was investigated and technological parameters of the gelling process were determined. On the basis of experimental and theoretical research, a scientifically based technology of whey jelly with high nutritional and biological value and health properties was developed. The final storage period of the jelly has been determined. Organoleptic, physico-chemical and microbiological quality indicators are determined in the finished product.

Key words: milk whey, Aronia melanocarpa, dessert jelly, phenolic compounds, index of antioxidant activity, gelling process.

Луговська О.А.

Національний університет харчових технологій

ВПЛИВ ГІДРОКОЛОЇДІВ НА ЯКІСТЬ ЕМУЛЬСІЙ ДЛЯ НАПОЇВ

Удосконалено спосіб приготування емульсії із гідроколоїдами гуміарабіком і крохмалем шляхом введення нових технологічних параметрів. Досліджувалися зразки харчових емульсій із використанням різної кількості гуміарабіку або крохмалю як стабілізатора (за сталої кількості масляної фази) та зразки емульсії зі змінною кількістю масляної фази і постійною кількістю стабілізатора. Оптимальний варіант співвідношення водного стабілізатора і масляної фази емульсії характеризується отриманням максимальної кількості частинок емульсії розміром до 1 мікрона.

Ключові слова: емульсії, гідроколоїд, стабілізатор, крохмаль, гуміарабік.

Постановка проблеми. Емульсії широко використовуються в різних галузях харчової промисловості. Застосування ароматичних емульсій у виробництві безалкогольних напоїв має низку переваг, а саме: скорочується тривалість купажування, оскільки немає необхідності додавати ароматизатор, підбирати барвник і стабілізатор. Використання ароматичних емульсій у напоях дозволяє вирішити проблему стабілізації аромату і смаку, оскільки в такому разі емульгатор відіграє роль адсорбента ароматичної частини, забезпечуючи продукту тонкий і м'який аромат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання вдосконалення технології виробництва ароматичних емульсій тісно пов'язані з особливостями використання гідроколоїдів. Постійна увага вчених до цих сполук обумовлена їх важливістю для харчової промисловості. Проте, незважаючи на велику кількість досліджень фізико-хімічних властивостей гідроколоїдів, науково обґрунтованих даних щодо їх використання в харчових емульсіях недостатньо [1; 2; 3; 4].

Встановлено, що отримання стійких емульсій тісно пов'язане з механізмом диспергування і залежить від багатьох чинників, як-от: вміст олії, тип і концентрація емульгатора, спосіб введення фаз, час, інтенсивність і ступінь диспергування, температура. Доведено, що для забезпечення стійкості емульсії вирішальне значення має ступінь диспергування [5–9]. Застосування високих швидкостей перемішування [9] і особливо підвищення тиску в гомогенізаторі приводить до підвищення дисперсності, в'язкості й утворення більш стійких емульсій.

Дослідниками [7; 8] встановлено, що для кожного виду емульгатора наявні визначені опти-

мальні співвідношення між водною та масляною фазами. Введення надлишкової олії призводить до розшарування.

Процес руйнування емульсії описується швидкістю її дестабілізації (V) за законом Стокса:

$$V_s = \frac{2r^2g(\rho_p - \rho_f)}{9\mu},$$

де V_s – швидкість дестабілізації емульсії (м/с); ρ_p – густина частинок (кг/м³); ρ_f – густина рідини (кг/м³); μ – динамічна в'язкість рідини (Па•с); r – радіус глобули жиру (м); g – прискорення вільного падіння (м/с²).

Для зменшення радіуса частинок жиру до 0,4–1,0 мкм використовують перемішування з високою напругою зсуву та гомогенізацію емульсій під тиском 100–300 кг/см². За такого розміру частинок жиру коалесценція зводиться до мінімуму, і під час утворення емульсії відбувається сильне замушення, що є бажаною характеристикою готової емульсії порівняно з незамушеною.

Сьогодні найбільш широко застосовуваними гідроколоїдами у виробництві емульсій є крохмаль (Е 1450) та гуміарабік (Е 414).

Модифікований крохмаль-емульгатор (Е 1450), внаслідок етерифікації октенілантарною кислотою крохмаль (Е 1450) набуває емульгуючих і піностабілізуючих властивостей. Гуміарабік (Е 414) характеризується розгалуженою арабіногалактановою структурою з білковою фракцією в центрі, що забезпечує якісні емульгуючі властивості [10].

На основі аналізу літературних даних [10] стосовно приготування емульсії з гуміарабіком і особливостей застосування крохмалю в харчових емульсіях як нижчого за собівартістю емульгатора

проведено дослідження в лабораторних умовах з удосконалення застосування цих гідрокоолоїдів в емульсіях [10].

Недоліком відомого способу [10] є неможливість забезпечення повного розчинення інгре-

дієнтів, крім того, у літературі відсутні дані про співвідношення масляної та водної фаз, показники розчинення інгредієнтів (температура, час і швидкість перемішування) у відповідних фазах, показники приготування предемульсії (швидкість

Таблиця 1

Зразки емульсій із різною кількістю олійної фази та постійною кількістю гуміарабіку

Інгредієнти емульсії	Вміст інгредієнтів, %				
	Номер емульсії				
	1	2	3	4	5
Цитрусова олія	6,000	6,000	6,000	6,000	7,000
Резиногум (Е 445)	2,000	4,000	5,000	6,000	7,000
Гуміарабік (Е 414)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Лимонна кислота (Е 330)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Бензоат натрію (Е 211)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Барвник (Е 124)	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Барвник (Е 110)	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
Антиоксиданти (Е 320, Е 321)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Вода	84,698	82,698	81,698	80,698	78,698
Всього	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Таблиця 2

Зразки емульсій із постійною кількістю олійної фази та різною кількістю гуміарабіку

Інгредієнти емульсії	Вміст інгредієнтів, %				
	Номер емульсії				
	6	7	8	9	10
Цитрусова олія	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Резиногум (Е 445)	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Гуміарабік (Е 414)	4,000	5,000	5,500	6,000	7,000
Лимонна кислота (Е 330)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Бензоат натрію (Е 211)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Барвник (Е 124)	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Барвник (Е 110)	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
Антиоксиданти (Е 320, Е 321)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Вода	83,698	82,698	82,198	81,698	80,698
Всього	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Таблиця 3

Зразки емульсій із різною кількістю олійної фази та постійною кількістю крохмалю

Інгредієнти емульсії	Вміст інгредієнтів, %				
	Номер емульсії				
	1	2	3	4	5
Цитрусова олія	4,000	5,000	5,500	6,000	7,000
Резиногум (Е 445)	4,000	5,000	5,500	6,000	7,000
Крохмаль (Е 1450)	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Лимонна кислота (Е 330)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Бензоат натрію (Е 211)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Барвник (Е 124)	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Барвник (Е 110)	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
Антиоксиданти (Е 320, Е 321)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Вода	77,698	75,698	74,698	73,698	71,698
Всього	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

і час перемішування водної та масляної фази) та процесу гомогенізації (оптимальні тиски).

Постановка завдання. Метою дослідження є вдосконалення способу приготування емульсій із гуміарабіком і крохмалем шляхом введення нових технологічних показників із метою отримання стабільної емульсії з максимальною кіль-

кістю часток, розміром до 1 мкм, та запобігання появі таких недоліків харчових емульсій, як: кремування (руйнування структури емульсії з перетворенням масляних часток на більші і спливанням їх на поверхню емульсії) і кільцювання (утворення масляного кільця в напої під час його зберігання).

Таблиця 4

Зразки емульсій із постійною кількістю олійної фази та різною кількістю крохмалю

Інгредієнти емульсії	Вміст інгредієнтів, %				
	Номер емульсії				
	6	7	8	9	10
Цитрусова олія	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500
Резиногум (Е 445)	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500
Крохмаль (Е 1450)	8,000	10,000	11,000	12,000	14,000
Лимонна кислота (Е 330)	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Бензоат натрію (Е 211)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Барвник (Е 124)	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Барвник (Е 110)	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
Антиоксиданти (Е 320, Е 321)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Вода	78,698	76,698	75,698	74,698	72,698
Всього	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Таблиця 5

Характеристика емульсії з гуміарабіком

Номер емульсії	В'язкість, сП	Мутність розчинення 0,025%, NTU	Розмір часток D, мкм	Густина, г/см ³	pH
1	14,00	168,00	0,51	1,03	2,70
2	15,00	180,00	0,66	1,06	3,20
3	16,00	192,00	0,71	1,07	3,30
4	17,00	216,00	0,90	1,09	3,70
5	18,00	240,00	1,10	1,10	3,90
6	14,00	192,00	0,75	1,04	2,60
7	15,00	180,00	0,66	1,06	3,20
8	15,50	174,00	0,60	1,07	3,30
9	16,00	168,00	0,56	1,09	3,40
10	17,00	154,00	0,50	1,10	3,80

Таблиця 6

Характеристики емульсії із крохмалем

Номер емульсії	В'язкість, сП	Мутність розчинення 0,025%, NTU	Розмір часток D, мкм	Густина, г/см ³	pH
1	20,00	143,00	0,67	1,03	2,60
2	22,00	156,00	0,73	1,05	3,00
3	23,00	170,00	0,75	1,07	3,30
4	24,00	182,00	0,84	1,09	3,70
5	26,00	196,00	0,97	1,10	4,00
6	19,00	210,00	0,98	1,04	2,70
7	21,00	196,00	0,91	1,06	3,10
8	22,00	184,00	0,83	1,07	3,20
9	23,00	170,00	0,75	1,07	3,30
10	25,00	157,00	0,68	1,10	3,80

Виклад основного матеріалу дослідження.

Для досліджень використовували емульсії на основі цитрусової олії. Стабілізаторами слугували гуміарабік і модифікований крохмаль.

Для дослідження емульгуючих властивостей гуміарабіку готувалися різні типи емульсій: вміст водорозчинного емульгатора (високо очищена форма гуміарабіку 4–7 %) [10] та масляної фази емульсії [10] (8–16%), а згідно зі специфікацією, на цей тип високо очищеної форми гуміарабіку рекомендується 8–14% масляної фази емульсії. Тому обрано вміст гуміарабіку 4–7% і 8–14% масляної фази емульсії.

Для дослідження емульгуючих властивостей крохмалю готувалися різні типи емульсій, а саме: емульсії з різним вмістом водорозчинного емульгатора крохмалю, згідно зі специфікацією на емульгуючий крохмаль Е 1450 8–14%, та масляної фази [10] 8–16%. Досліджували емульсії зі вмістом крохмалю 8–14% та 8–14% олійної фази.

Зразки емульсій готували з різною кількістю олійної фази і постійною кількістю стабілізатора (Таблиці 1 і 3) та з постійною кількістю олійної фази, змінюючи кількість стабілізатора (Таблиці 2 і 4).

Приготування емульсій складається з таких операцій: приготування водної фази, масляної фази, преемульсії; емульсії (гомогенізація).

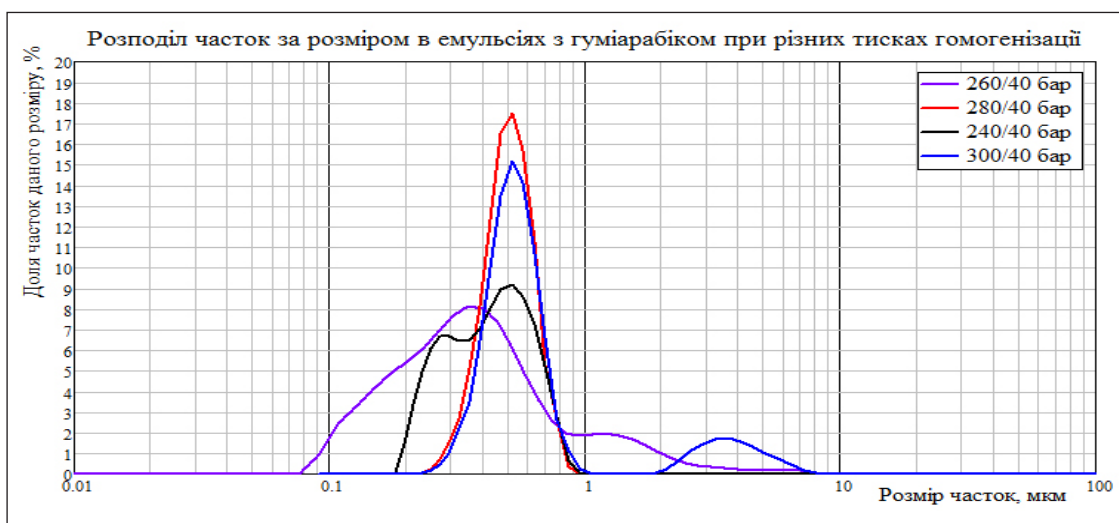


Рис. 1. Розподіл часток за розміром в емульсіях № 7 із гуміарабіком за різних тисків гомогенізації: 1 – 260/40; 2 – 280/40; 3 – 240/40; 4 – 300/40 бар

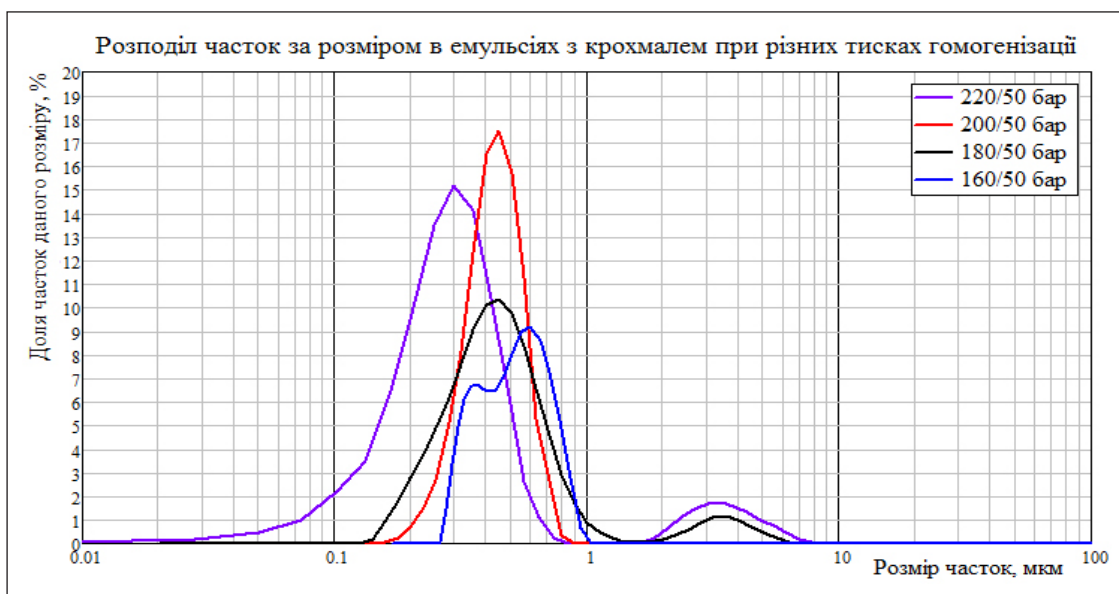


Рис. 2. Розподіл часток за розміром в емульсіях із крохмалем № 9 за різних тисків гомогенізації: 1 – 220/50 бар; 2 – 200/50; 3 – 180/50; 4 – 160/50 бар

Приготування водної фази. Основними компонентами для її приготування є: вода, бензоат натрію, стабілізатор, лимонна кислота й інша сировина відповідно до рецептури.

Приготування масляної фази. Масляна фаза (цитрусова олія, антиоксидант, емульгатор «Естер Гам») готується безпосередньо перед приготуванням преемульсії в ємності, яка обладнана мішалкою.

Приготування преемульсії (водна та масляна фази) проводиться в ємності, яка обладнана високошвидкісною мішалкою „Silver son” (до 3000 об./хв.).

Приготування емульсії – преемульсія підлягає процесу гомогенізації. Емульсія вважається стабільною, якщо розмір масляних часточок не перевищує мікрона.

Аналіз одержаних емульсій. Для визначення рН використовували лабораторний рН-метр («Аніон 4100»), густини – лабораторний вимірювач густини (ареометри загального призначення АОН-1, АОН-2, АОН-3, АОН-4, АОН-5); мутність емульсій визначали за допомогою мутнометра (2100 Р), а в'язкість – віскозиметра Брукфільда. Середній розмір частинок досліджували мікроскопом EASTCOLIGHT 92012-ES (100x, 250x, 550x, 750x) та вимірювали прибором “LS™ 13 320”, шляхом лазерної гранулометрії.

Стійкість та стабільність емульсії в напої перевіряється шляхом розташування напою під прямим сонячним світлом, в якому протягом терміну зберігання напою (180 діб) не утворюється масляне кільце.

3. Результати та обговорення. Характеристики одержаних емульсій представлені в Таблицях 5 і 6.

За збільшення вмісту олійної фази з 8 до 14% в емульсії з гуміарабіком середній розмір часток збільшується з 0,51 до 1,10 мкм, в'язкість – із 14 до 18 сП, мутність – із 168 до 240 NTU, густина – з 1,03 до 1,10 г/см³ (Табл. 5). Для емульсії із крохмалем аналогічне збільшення вмісту олійної фази призводить до збільшення середнього розміру часток із 0,67 до 0,97 мкм, в'язкості – із 20 до 26 сП, мутності – зі 143 до 196 NTU, густини – з 1,03 до 1,10 г/см³ (Табл. 6). Однак збільшення розміру часток повинно обмежуватися розміром 1 мікрон, оскільки невелика кількість часток більших за 1 мікрон може призводити до утворення нестабільної емульсії під час зберігання. Отже, найкращими визнано такі емульсії: № 2 з гуміарабіком (масляна фаза 10%); № 3 із крохмалем (масляна фаза 12%). Проведені дослідження стосовно впливу кількості стабілізатора на характеристики одержаних емульсій показали, що в разі збіль-

шення кількості гуміарабіку із 4 до 7% (за вмісту олійної фази 10%) середній розмір часток зменшується з 0,75 до 0,50 мкм, мутність – з 192 до 154 NTU. Водночас в'язкість емульсії збільшується із 14 до 17 сП, густина – з 1,04 до 1,10 г/см³ (Табл. 5). Що стосується емульсій із крохмалем, то збільшення кількості стабілізатора з 8 до 14% (за вмісту олійної фази 11%) призводить до зменшення середнього розміру часток із 0,98 до 0,68 мкм, мутності – із 210 до 157 NTU. Спостерігається збільшення в'язкості з 19 до 25 сП, а густини – з 1,04 до 1,10 г/см³ (Табл. 6). Отже, оптимальним вмістом водного стабілізатора й олійної фази для емульсій із гуміарабіком є 5% та 10% відповідно, за рецептурою емульсії (№ 7) (Табл. 2), для емульсії із крохмалем – 12% і 11% відповідно, за рецептурою емульсії № 9 (Табл. 4).

Третім етапом дослідження є встановлення оптимального тиску гомогенізації для визначеної рецептури емульсії з найкращими показниками.

Готувалися по чотири однакових емульсії згідно з обраними рецептурами: з гуміарабіком (№ 7, Табл. 2), із крохмалем (№ 9, Табл. 4), і гомогенізували за різних тисків. Крок зміни верхнього тиску 20 бар.

Оптимальні показники гомогенізації для емульсій із гуміарабіком (рис. 1, крива 2) тиск перший крок / другий крок [бар] – 280/40 [бар], кількість циклів гомогенізації – 2; розмір часток готової емульсії – менше 1 мкм; оптимальні показники гомогенізації для емульсій із крохмалем (рис. 2, крива 2): тиск перший крок / другий крок [бар] – 200/50 [бар], кількість циклів гомогенізації – 2; розмір часток готової емульсії – менше 1 мкм. У процесі зберігання напоїв, приготованих на основі обраних емульсій (з гуміарабіком № 7, для емульсії із крохмалем № 9) не спостерігалася поява масляного кільця на поверхні напою, не було змін кольору, смаку й аромату напою.

Висновки. Підтверджена доцільність використання гідроколоїдів для емульгування і гомогенізації емульсій типу «М/В» та встановлено, що оптимальний вміст водорозчинного емульгатора та масляної фази для емульсій з емульгатором крохмалем становить 12% та 11% відповідно, для емульсій зі стабілізатором гуміарабіком – 5% та 10% відповідно.

Встановлено технологічні показники гомогенізації емульсій зі стабілізатором крохмалем: тиск перший крок / другий крок [бар] – 200/50 [бар], кількість циклів гомогенізації – 2; розмір часток готової емульсії – менше 1 мкм.

Встановлено технологічні показники гомогенізації емульсій зі стабілізатором гуміарабіком: тиск перший крок / другий крок [бар] – 280/40 [бар],

кількість циклів гомогенізації – 2; розмір часток готової емульсії – менше 1 мкм.

Під час зберігання напоїв, приготованих із використанням одержаних емульсій, не було олійного

кільця або «кремування» у пляшках, що вказує на стабільність емульсійних систем. Отримані результати є корисними і важливими для розроблення нових харчових продуктів.

Список літератури:

1. Борисенко О., Алексеев Ю., Климова С. Методика створення висококонцентрованих смакоароматичних емульсій для безалкогольних напоїв. Харчові інгредієнти: сировина і добавки. 2002. № 2. С. 18–19.
2. Phillips G., Williams P. Eds. Handbook of Hydrocolloids. Cambridge: Wood Head Publishing, 2000/ 156 p.
3. McKenna B. Eds. Texture in Food. Vol. 1: Semi-Solid Foods. Cambridge: Wood head Publishing, 2003. 480 p.
4. Богач А. Ароматичні емульсії для виробництва безалкогольних напоїв. Продукти харчування і напої. 2003. № 4. С. 10–11.
5. Stephen P., U. S. Patent for invention № 6576285, Cholesterol lowering beverage, Bader, Fowler, 10.06.2003.
6. Imeson A. Eds. Thickening and Gelling Agents for Food. 2-nd Ed. London: Blackie Academic and Professional, 1999. 408 p.
7. Whistler R.L.B., Miller J.N., Paschall E.F. Eds. Starch Chemistry and Technology. 2-nd Ed. Orlando, FL: Academic Press, 1984. 508 p.
8. Galliard T. Eds. Starch; Properties and Potential. Society of Chemical Industry. Chichester, UK: John Wiley and Sons, 1987. 210 p.
9. Atwell W.A., Thomas D.J. Starches. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 1997. 150 p.
10. National starch & Chemical UK. Інформаційно-рекламні матеріали. 2012.
11. Айменсон А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи. Санкт-Петербург, 2012. С. 24–44.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОКОЛЛОИДОВ НА КАЧЕСТВО ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ НАПИТКОВ

Усовершенствован способ приготовления эмульсий с гидроколлоидами гурамиарабиком и крахмалом путем введения новых технологических параметров. Исследовались образцы пищевых эмульсий с использованием разного количества гурамиарабика или крахмала как стабилизатора (при постоянном количестве масляной фазы) и образцы эмульсий с переменным количеством масляной фазы и постоянным количеством стабилизатора. Оптимальный вариант соотношения водного стабилизатора и масляной фазы эмульсии характеризуется получением максимального количества частиц эмульсии размером до 1 микрона.

Ключевые слова: эмульсии, гидроколлоид, стабилизатор, крахмал, гурамиарабик.

HYDROCOLLOIDS EFFECT ON THE QUALITY OF EMULSIONS FOR BEVERAGES

The method for preparing emulsions with hydrocolloids with gumarabic and starch is improved, by introducing new technological parameters. Samples of food emulsions using different amounts of gumarabic or starch, as a stabilizer (with a constant amount of oil phase) and samples of emulsions with varying amounts of oil phase and constant amount of stabilizer were studied. The optimal version of the ratio of the water stabilizer and the oil phase of the emulsion is characterized by obtaining a maximum amount of emulsion particles up to 1 micron.

Key words: emulsion, hydrocolloid, stabilizer, starch, gumarabic.

УДК 642. 58:796.071.2

Ройко О.М.

Волинський коледж Національного університету харчових технологій

Арсеньєва Л.Ю.

Національний університет харчових технологій

Паламарчук О.П.

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка

Національної академії наук України

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ СПРЯМОВАНОЇ ФІЗІОЛОГІЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ СПОРТСМЕНІВ

У сучасній системі спортивної підготовки харчування розглядається як один із провідних факторів, що забезпечує високу результативність спортсменів. Із підвищенням рівня фізичних навантажень збільшується потреба організму спортсмена в основних макро- та мікроелементах, яку не можна задовольнити споживанням звичайних харчових продуктів. Тому для забезпечення організму адекватною кількістю всіх харчових речовин до раціону спортсменів вносять спеціальні харчові продукти. Сьогодні вітчизняний ринок продуктів спортивного харчування набуває розвитку і, відповідно, асортимент продуктів розширюється. У зв'язку з цим актуальними стають аналітичні дослідження існуючих технологій виробництва продуктів для спортсменів із метою створення виробів спрямованої фізіологічної дії. У представленій роботі проаналізовано асортимент вітчизняних функціональних продуктів спортивного харчування; визначено, що цей сегмент ринку починає розвиватися; вивчено різні підходи до класифікації продуктів для спортсменів; запропоновано власну класифікацію функціональних харчових продуктів для спортсменів.

Ключові слова: спортсмени, функціональні харчові продукти, спортивне харчування, класифікація, продукти підвищеної біологічної цінності, біологічно активні харчові добавки.

Постановка проблеми. Високий рівень спортивних досягнень потребує від спортсменів постійних тренувань, які характеризуються високими фізичними та психоемоційними навантаженнями [1–4]. Із підвищенням фізичної активності в організмі спортсмена виникають зміни метаболічних процесів [3], активація пероксидного окиснення ліпідів [1; 4], внаслідок чого накопичуються вільнорадикальні форми кисню [3–5], інтенсивно виснажуються запаси енергетичних ресурсів (білків, жирів та вуглеводів), мінеральних речовин, вітамінів [3]. Знижуються працездатність [5], адаптаційні можливості [3; 5], виникають серйозні порушення стану здоров'я [3]. Важливо вчасно і в достатній кількості поповнити організм спортсмена всіма необхідними нутрієнтами, особливо есенціальними.

Дослідженнями доведено [1; 6], що серед спортсменів 12% мають відхилення у стані здоров'я, які на 1/5 обумовлені або пов'язані з їх

харчуванням. У сучасній системі спортивної підготовки харчування розглядається як один із провідних факторів, що забезпечує високу результативність спортсменів [1; 3; 4]. Із вищевикладеного випливає, що забезпечення спортсмена раціональним харчуванням є актуальним питанням.

У дні найбільш напружених тренувальних і змагальних навантажень добові витрати енергії у спортсменів можуть досягати більше 7 000 ккал. Щоб створити збалансовану дієту, яка поповнить такі значні витрати енергії, необхідно [3] рекомендувати збільшення кількості їжі в добовому раціоні спортсменів. Це, у свою чергу, спричиняє надмірне навантаження на травну і ендокринну системи організму, призводить до підвищення ризику розвитку аліментарних захворювань та накопичення токсинів, що надходять із їжею [5]. Необхідно врахувати також, що до раціону спортсмена, крім звичних мінеральних (вітамінів, вітаміноподібних і мінеральних речовин),

необхідно включати також специфічні речовини, такі як глюкозамін, орнітин, карнітин, креатин і т. д. Їх кількість пропорційно збільшується з підвищенням енергетичних запасів. Якщо говорити про «спортивні» мінорні речовини, то в харчових продуктах їх вміст дуже невеликий. Тому для забезпечення організму спортсмена адекватною кількістю всіх харчових речовин до раціону спортсменів вносять спеціальні харчові продукти.

У літературних джерелах [1; 6] харчові продукти для спортсменів об'єднано терміном «спортивне харчування», що включає традиційні харчові продукти, продукти підвищеної біологічної цінності (далі – ППБЦ), біологічно активні харчові добавки (далі – БАХД), а також білкові, вуглеводні, вітамінні, мінеральні концентрати та їх премікси, які спочатку були розроблені медиками і фармакологами для хворих людей, а вже потім, із конкретними рекомендаціями, впроваджені у практику харчування спортсменів, а також функціональні харчові продукти, до складу яких у концентрованому вигляді входять всі необхідні харчові інгредієнти [7].

Сьогодні вітчизняний ринок продуктів спортивного харчування набуває розвитку і, відповідно, асортимент продуктів розширюється. У зв'язку з цим актуальними стають аналітичні дослідження існуючих технологій виробництва продуктів для спортсменів із метою створення виробів спрямованої фізіологічної дії.

Постановка завдання. Метою статті є аналітичний огляд і систематизація даних літературних джерел щодо існуючих технологій виробництва продуктів для спортсменів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналізуючи сучасний вітчизняний ринок спортивного харчування, можна зробити висновок, що асортимент харчових продуктів для спортсменів представлений сухими сумішами певного фізіологічного спрямування, зокрема зі вмістом карнітину, креатину, амінокислот із розгалуженими ланцюгами, мінеральних речовин, вітамінів, сульфату глюкозаміну, а також жувальними пігулками, рецептурними композиціями для напоїв тощо. Проте сьогодні ринок продуктів для спортсменів розвивається за рахунок функціональних харчових продуктів, а не харчових добавок, які не завжди є натуральними і безпечними для здоров'я людини.

На сьогодні існують умовні класифікації продуктів спортивного харчування. Однак існуюча систематизація даних щодо асортименту продуктів для спортсменів стосується зазвичай БАХД;

збагачені харчові продукти потребують іншого підходу до їх класифікації.

Найчастіше продукти для спортсменів групують за складом (білкові, білково-вуглеводні, вуглеводно-мінеральні, вітамінно-мінеральні, біологічно активні добавки) [1; 6].

Професор Московського державного університету прикладної біотехнології Е.С. Токаєв [8] розробив свою систему класифікації, за якою поділив усі продукти на 4 групи відповідно до їх призначення: напої, продукти заданого хімічного складу, спеціалізоване харчування, базове харчування. Окрім того, для кожної групи продуктів він виділив форму випуску та види продуктів.

Іншу класифікацію [6] продуктів за складом запропонував М.І. Коробіцин: амінокислоти, полівітаміни, білкові концентрати (протеїн), гейнери (суміш білкових концентратів і вуглеводів), жироспалювачі на основі L-карнітину, добавки направленої регенеруючої дії.

У країнах Європи, відповідно до рекомендації Наукового комітету з питань харчування Європейської комісії від 2001 р. (Scientific Committee on Food of European Commission) [1], всі продукти для харчування спортсменів поділяють на: багаті на вуглеводи енергетичні харчові продукти, вуглеводно-електролітні розчини, білки та білкові компоненти, біологічно-активні добавки до їжі (есенційні нутрієнти та інші компоненти їжі).

Товарознавча класифікація продуктів для спортсменів, розроблена Є.В. Бондаренко, включає в себе поділ продуктів на функціональні, технологічні та спеціальні.

Також існує класифікація продуктів спортивного харчування за призначенням [1; 6] (для корегування маси тіла, розвитку м'язової маси, пришвидшення процесів відновлення організму, захисту суглобів і зв'язок, регуляції водно-сольового обміну тощо).

Нами проаналізовано асортимент вітчизняних функціональних продуктів для спортсменів, який окреслено у вигляді класифікації (рис. 1).

За основу взято класифікацію продуктів спортивного харчування за призначенням. На нашу думку, така класифікація є найбільш раціональною. Це пояснюється тим, що основним критерієм вибору харчового продукту є саме спрямування його фізіологічної дії. Запропонована класифікація охоплює широкий спектр вітчизняних функціональних продуктів спортивного харчування та може бути доповненою за появи нових продуктів, адже ринок функціональних продуктів спортивного харчування тільки починає розвиватися.

Якщо говорити про збагачені продукти для спортсменів, то найбільшого розвитку набули технології виробництва напоїв та кондитерських виробів.

Співробітниками кафедри експертизи продовольчих товарів КНТЕУ спільно зі співробітниками лабораторії ергогенних чинників в спорті ДНДІФКС розроблено і клінічно апробовано серію напоїв [2; 11] «Стимул-активність», «Апогей-активність» і «Релакс-активність», що мають різну функціональну дію на організм спортсмена за рахунок використання в рецептурному складі лікарських рослин, концентратів плодово-ягідних соків, вітамінно-мінеральних комплексів, кофеїну, таурину, моноцукрів. Результати досліджень [11] свідчать, що двотижневий курсовий прийом комплексу спортивних напоїв позитивно впливає як на працездатність спортсменів, так і на про-

тікання окислювально-відновних процесів після великих фізичних навантажень.

Науковцями запропоновано [10] спортивні напої «Зевс» та «Геркулес», які містять у своєму складі вівсяний квас або вівсяний відвар, L-карнітин, бурштинову кислоту, кофеїн, фруктозу, вітамінно-мінеральний премікс (В₁, В₂, В₃, В₆, В₁₂, РР, С, Е, біотин, кальцій, магній, натрій, калій), фолієву кислоту, екстракт левзеї. Напої «Зевс» та «Геркулес» впроваджено у практику підготовки спортсменів збірної команди України з легкої атлетики і застосовано у змагальний період підготовки до Чемпіонату України та безпосередньої підготовки до участі в Іграх XXIX Олімпіади.

Співробітниками Державного науково-дослідного інституту фізичної культури і спорту Київського національного торговельно-економічного університету та Донецького національного

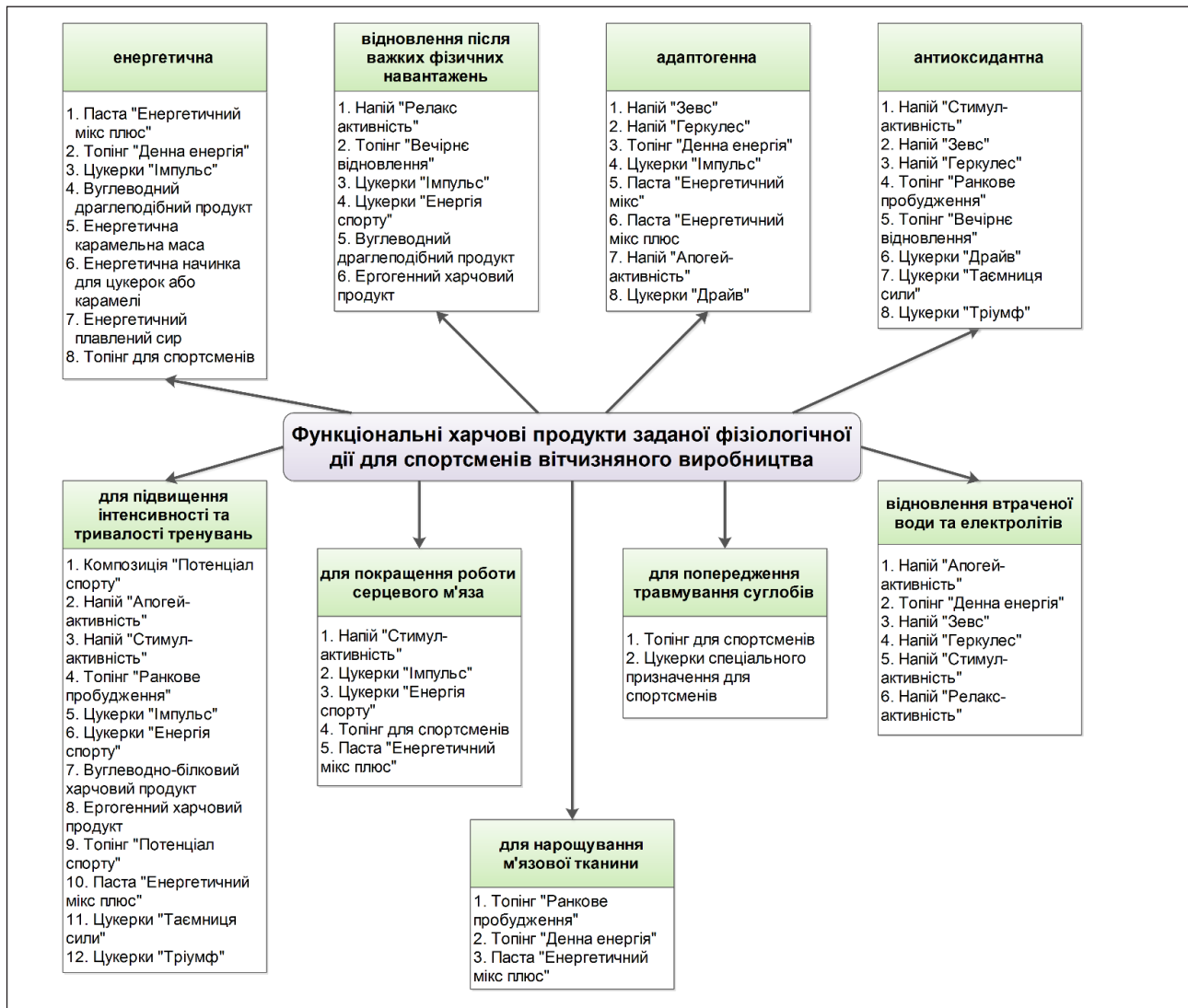


Рис. 1. Класифікація вітчизняних продуктів спортивного харчування

університету економіки і торгівлі ім. Туган-Барановського розроблено морозиво [7] серії «Таймаут», яке відрізняється вологоутримуючими властивостями. Для збагачення було вибрано морозиво пломбір, у якості збагачувача – харчову добавку Е 422 «Гліцерин», яка використовується в спортивній практиці для гідратації організму спортсмена, а у виробництві морозива – як емульгатор і речовина, яка здатна знижувати точку заморожування суміші [7].

Фахівцями Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. Туган-Барановського розроблено [5; 7] рецептури топінгів (солодких соусів) на основі використання функціональних композицій для різних етапів психофізичного навантаження. Топінги можуть використовуватися як додаток до морозива, сирників, млинців, десертів тощо. Запропоновані композиції «Ранкове пробудження», «Денна енергія» і «Вечірнє відновлення» необхідно приймати в певний проміжок доби, що обумовлено біоритмами спортсмена і певним складом композицій.

До композиції «Ранкове пробудження» входять L-карнітин, бурштинова кислота, кофеїн, сироп стевії, вітамін С.

До композиції «Денна енергія» входять екстракт левзеї, креатин, фолієва кислота, глюкоза, Na, K, Ca, Cl, Mn, Mg.

Наповнювач «Вечірнє відновлення» включає бурштинову кислоту, екстракт кропиви, вітаміни А та Е, незамінні амінокислоти (лейцин, ізолейцин, валін, треонін, лізин, метіонін, фенілаланін, гістидин), а також замінні амінокислоти (аргінін, цистеїн, тирозин, аланін, серин, глутамінова та аспарагінова кислоти, пролін, глікокол, гліцин).

Науковцями Київського національного торговельно-економічного університету, Луганського національного університету імені Тараса Шевченка, виробничого підприємства ТОВ «Сергієс» (м. Луганськ) та лабораторії ергогенних чинників у спорті Державного науково-дослідного інституту фізичної культури і спорту розроблено [12] рецептури та технології цукерок для спортсменів «Імпульс», «Енергія спорту» і «Драйв» із функціональними композиціями, до яких входить комплекс інгредієнтів, що дають змогу підтримувати або швидко відновлювати фізичні сили спортсмена, підвищувати загальний тонус, працездатність, емоційну стійкість, антиоксидантну активність і енергообмін організму.

До складу композиції для цукерок «Імпульс» включено порошок кореня левзеї сафлоровидної, L-карнітин, чорний харчовий альбумін і комп-

лекс вітамінів (В₁, В₂, В₆, РР, С, фолієва кислота). Цукерки рекомендовано використовувати для спортсменів, діяльність яких потребує витривалості.

Цукерки із композицією «Енергія спорту» розраховані для спортсменів швидкісно-силових видів спорту. Їхня рецептура включає родзинки, курагу, горіхи, фруктозу, чорний харчовий альбумін, бурштинову кислоту, екстракт гуарани, моногідрат креатину, вітаміни А, Е, аскорбінову кислоту.

До складу функціональної композиції цукерок «Драйв», розрахованих для спортсменів швидкісно-силових видів спорту, включено сухі екстракти гінкго дволопатевого, плодів глоду і кропиви та таурин.

Л.І. Сеногоною розроблено [12] цукерки для спортивного харчування «Тріумф» та «Таємниця сили», які рекомендується вживати у період важких фізичних навантажень, за несприятливих кліматичних умов, для підвищення працездатності та витривалості. Кожна із запропонованих цукерок містить у своєму складі функціональні композиції. До складу функціональної композиції «Таємниця сили» входять: гемовітал, ретинол, токоферол, бурштинова кислота, гуарана, креатину моногідрат та аскорбінова кислота. До складу функціональної композиції «Тріумф» входить: порошок кореня левзеї сафлоровидної, L-карнітин, гемовітал, комплекс вітамінів.

Групою вчених на чолі з Н.В. Притульською розроблено технологію серії продуктів для спортсменів, зокрема цукерок [13] спеціального призначення та функціонального топінгу [14]. До рецептури цукерок входять цукор, патока, агар-агар, лимонна кислота та вода, ксантанова та гуарова камедь, желатин, глюкозамін, L-карнітин та гліцерин. Функціональний топінг містить цукор рафінад, патоку, агар-агар, лимонну кислоту і воду, глюкозамін, L-карнітин та гліцерин. Фізіологічне значення запропонованих продуктів полягає у нормалізації метаболізму, функцій шлунково-кишкового тракту, підвищенні імунітету, зниженні токсичних ефектів білкових шлаків, стомлюваності.

Розроблено [15] рецептури двох серій бутербродних паст підвищеної біологічної цінності: низькокалорійних – «Енергетичний мікс» і висококалорійних – «Енергетичний мікс плюс». В основу рецептури двох серій бутербродних паст, крім основи, входять функціональні інгредієнти. Композиція «Енергетичний мікс плюс» містить бурштинову кислоту, кофеїн, екстракт

зеленого чаю, вітамін А та Е, Mg, Ca, K. До складу композиції «Енергетичний мікс» входять L-карнітин, бурштинова кислота, кофеїн-бензоат натрію, екстракти гарцинії та зеленого чаю, комплекс женьшеню з елеутерококом, магній і залізо. Такі композиції в раціонах ефективно впливають на досягнення спортсменами високих результатів у технічно-прикладних і складнокоординаційних видах спорту, а також у спортивних іграх, де необхідне точне та швидке виконання комбінацій складних рухів.

О.О. Степановим запропоновано спосіб виробництва енергетичного плавленого сиру та карамельної маси [1], які у своєму складі додатково містять таурин, октаконазол, глюконолактон, кофеїн та іміналон у різному співвідношенні компонентів.

Запропонована класифікація продуктів спортивного харчування не є повною, оскільки функціональних продуктів вітчизняного виробництва

для спортсменів розроблено ще мало. Наявні функціональні продукти мають широку фізіологічну спрямованість. У зв'язку з цим створення функціональних харчових продуктів спрямованої фізіологічної дії є не просто перспективним напрямком, а необхідністю, яка потребує негайного вирішення.

Висновки. Проаналізовано асортимент вітчизняних функціональних продуктів спортивного харчування. Визначено, що цей сегмент ринку починає розвиватися. Відзначено помітне збільшення числа харчових продуктів для спортсменів на основі натуральних інгредієнтів. Вивчено різні підходи до класифікацій продуктів спортивного харчування. Окреслено асортимент функціональних харчових продуктів для спортсменів у вигляді класифікації. Основним критерієм обрано фізіологічну дію харчового продукту на організм спортсмена.

Список літератури:

1. Притульська Н.В., Мотузка Ю.М., Антюшко Д.П. Сучасні підходи до розробки продуктів для спортсменів. Товарознавчий вісник. 2012. № 5. С. 327–333.
2. Мотузка Ю.М. Управління якістю напоїв для спортсменів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Київ, 2005. 22 с.
3. Циганенко О.І. Сучасні підходи до розробки та використання норм потреби спортсменів в основних харчових речовинах. Спортивна медицина. 2009. № 1–2. С. 105–108.
4. Киселевич А.В. Особливості забезпечення харчування спортсменів. Молода спортивна наука України. 2009. № 1. С. 149–153.
5. Коваль І.В., Бондаренко Є.В., Вдовенко Н.В. Нові підходи до спеціалізованого харчування спортсменів високої кваліфікації. Спортивна медицина. 2008. № 2. С. 112–121.
6. Пащенко В.Г., Сєногонова Л.І., Становіхіна А.С. Аналіз асортименту харчових продуктів для спортсменів. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. № 6. С. 39–42.
7. Бондаренко Є.В. Формування споживчих властивостей морозива для спортсменів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Київ, 2009. 22 с.
8. Токаев Э.С. Проблемы организации спортивного питания в подготовке спортсменов высокой квалификации. Пищевая промышленность. 2004. № 1. С. 3–4.
9. Біленька І.Р. До питання про класифікацію функціональних напоїв. Харчова наука і технологія. 2009. № 1. С. 88–90.
10. Вдовенко Н.В. Вплив курсового прийому спортивного напою «Зевс» на процеси відновлення та антиоксидантний статус організму спортсменів-легкоатлетів. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2008. № 3. С. 94–96.
11. Олійник С.А., Коваль І.В., Вдовенко Н.В. Спортивні напої в Україні: аналіз проблеми. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2007. № 1. С. 87–90.
12. Сєногонова Л. І. Формування споживчих властивостей цукерок для спортсменів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15. Київ, 2011. 23 с.
13. Цукерки спеціального призначення для харчування спортсменів: пат 88111 Україна: МПК А23G 3/00; Заявл. 18 листопада 2013 р. Опубл 25 лютого 2014 р., Бюл. № 4.
14. Функціональний топінг для харчування спортсменів: пат 88113 Україна: МПК А23L 1/06; Заявл. 18 листопада 2013 р. Опубл 25 лютого 2014 р., Бюл. № 4.
15. Мусійчук О.М. Нові види функціональних бутербродних паст на основі продуктів переробки молочної сироватки. Товари і ринки. 2009. № 2. С. 70–76.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НАПРАВЛЕННОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СПОРТСМЕНОВ

В современной системе спортивной подготовки питание рассматривается как один из ведущих факторов, который обеспечивает высокую результативность спортсменов. С повышением уровня физических нагрузок увеличивается потребность организма спортсмена в основных макро- и микронутриентах, которую нельзя удовлетворить потреблением обычных пищевых продуктов. Поэтому для обеспечения организма адекватным количеством всех пищевых веществ в рацион спортсменов вносятся специальные пищевые продукты. Сегодня отечественный рынок продуктов спортивного питания получил развитие и, следовательно, ассортимент продуктов расширяется. В связи с этим актуальными становятся аналитические исследования существующих технологий производства продуктов для спортсменов с целью создания изделий направленного физиологического действия. В представленной работе проанализированы ассортимент отечественных функциональных продуктов спортивного питания; определено, что этот сегмент рынка начинает развиваться; изучено различные подходы к классификации продуктов для спортсменов; предложено собственную классификацию функциональных пищевых продуктов для спортсменов.

Ключевые слова: спортсмены, функциональные пищевые продукты, спортивное питание, классификация, продукты повышенной биологической ценности, биологически активные пищевые добавки.

THEORETICAL PREREQUISITES OF CREATION OF FOOD GOODS WITH DIRECTIONAL PHUSIOLOGICAL ACTION FOR ATHLETES

In the modern system of athletes' training nutritionis considered to be one of the leading factors which stipulates high results of sportsmen. The need of the organism in basic macro- and micronutrients is growing with elevation of the level of physical loading but it cannot be satisfied by consuming ordinary foods. That's why special nutrients are included into the diet of athletes to provide their organisms with adequate amount of all food substances. Nowadays the Ukrainian market of sport foods is being developed and, consequently, the assortment of products is widening. Because of this fact, analytical researches of the existing technologies for production goods of directional physiological action for athletes are becoming actual. In the given article we have analyzed the assortment of Ukrainian functional nutrients for athletes, determined that this segment of the market is being developed, studied different approaches to the classification of nutrients for athletes and suggested own classification of functional nutrients for sportsmen.

Key words: athletes, functional nutrients, sport nutrition, classification, products of elevated biological value, biologically active dietary supplements.

УДК 664.8.032:634.23

Сімахіна Г.О.

Національний університет харчових технологій

ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ПРИДАТНОСТІ ПЛОДІВ ТА ЯГІД ДО ЗАМОРОЖУВАННЯ

У статті наведено результати досліджень біохімічного складу різних видів культивованих та дикорослих плодів і ягід за показниками, що їх автори рекомендують розглядати в якості основних критеріїв вибору сировини для заморожування з метою отримання напівфабрикатів із гарантованим вмістом вітамінів, інших біологічно активних речовин, належними органолептичними характеристиками. Обґрунтовано, що всієї повноти харчової, біологічної та споживчої цінності замороженої продукції можна досягти, обираючи сировину для заморожування за такими критеріями: глюкоацетометричний індекс як співвідношення вмісту загальних цукрів і кислот; якісний та кількісний вміст і співвідношення аскорбінової кислоти й біофлавоноїдів; вміст каротиноїдів; вміст моно- та дисахаридів як складників біокомплексу плодів та ягід, що виявляють істотний кріопротекторний ефект при заморожуванні сировини; підвищення біологічної цінності окремих компонентів сировини при холодовій адаптації.

Ключові слова: *плоди, ягоди, вітаміни, органолептичні властивості, критерії, заморожування, напівфабрикати.*

Постановка проблеми. Якість плодово-ягідної сировини, особливо дикорослої, її смакові властивості, харчову та біологічну цінність як динамічну сукупність корисних властивостей запрограмовано самою природою. На ці показники впливають багато чинників: видові та сортові особливості, ступінь зрілості, час і спосіб збору сировини, спосіб зберігання тощо. Особливу увагу привертає дикоросла сировина, світовий фонд якої нараховує 5 320 видів. У сфері новітніх харчових технологій дикорослі плодови набувають поліфункціонального значення – для створення нових харчових продуктів, оздоровчих напоїв, дієтичних добавок різноспрямованої дії, природних біокоректорів тощо. Від якості свіжих плодів та ягід залежить якість замороженої продукції [1, с. 52]. Однак не всі їх види й помологічні сорти однаково придатні для заморожування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Отримані різними авторами дані свідчать про те, що у плодах та ягодах синтезується значна кількість життєво важливих вітамінів, щоправда, у різних кількостях. Щодо вітамінів, які у вищих рослинах не синтезуються (наприклад, вітамін А), то в них утворюються провітаміни, у даному разі – β -каротин. Вміст β -каротину може досягати досить високих значень (до 7 мг% в абрикосах),

та в найбільших концентраціях плоди містять аскорбінову кислоту [2, с. 86–124].

У ягодах чорної смородини, за нашими даними, її вміст складає 320 мг%. Розбіжність у кількостях вітаміну С для ягід чорної смородини різних сортів перебуває в інтервалі 49,8–389 мг%. Тому під час вибору плодоовочевої сировини в якості високовітамінних джерел необхідно проводити ретельний аналіз у межах певних класів і родин і обирати саме тих представників, що містять найбільшу кількість вітамінів [3, с. 16]. Наприклад, ягоди глоду, аронії чорноплідної, горобини багаті на β -каротин (2,8; 3,4; 4,6 мг% відповідно) та на вітамін РР. Останній бере участь у реакціях клітинного обміну, у білковому обміні і підвищує рівень використання в організмі рослинних білків, нормалізує секреторну функцію шлунка тощо [4, с. 215].

З погляду технології перероблення рослинної сировини на готові продукти, вітамін РР привертає увагу своєю стійкістю до зовнішніх впливів під час зберігання та кулінарного оброблення продуктів (температура, світло, кисень, повітря, луги).

Вітамінів B_1 і B_2 у плодово-ягідній сировині небагато. Хоча і добова потреба організму в них теж невелика – 1,3 мг вітаміну B_1 і 1,6 мг вітаміну

В2. Загалом всі види харчової сировини відзначаються невеликими кількостями цих вітамінів, у т. ч. і тваринна. Та, зважаючи на досить високі рівні споживання плодів та ягід, можна прогнозувати, що людина отримує необхідну добову потребу тіаміну та рибофлавіну. При підвищених температурах ці вітаміни втрачають свою активність [5, с. 241].

Постановка завдання. Спектр плодово-ягідних рослин, культивованих і дикорослих, надзвичайно широкий, та досі в літературі відсутні науково обґрунтовані критерії їх вибору для консервування заморожуванням із отриманням напівфабрикатів високої біологічної цінності та належних органолептичних показників, що й визначило мету даної роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для оцінки плодово-ягідних культур, найбільш придатних до заморожування, досліджено культивовані сорти (вишня, малина, смородина чорна, смородина червона), дикорослі види (аронія чорноплідна, чорниця, ожина, калина, журавлина, терен, агрус, суниця). Із використанням стандартних методик у кожній із них визначено вміст основних біокомпонентів.

Серед обраних предметів досліджень представлено *насіллячкові плоди* (аронія чорноплідна), *кісточкові плоди* (калина, терен, вишня), *ягоди справжні* (чорниця, журавлина, смородина, агрус), *ягоди складні* (малина, ожина, суниця). Усі зазначені культури широко розповсюджені на території України, здавна використовуються у раціонах харчування населення, а також у народній та офіційній медицині для попередження і лікування неспецифічних захворювань.

На наш погляд, вибір рослинних матеріалів має ґрунтуватися на кількісних та якісних співвідношеннях комплексу біологічно активних речовин (далі – БАР), синтезованих у них природою, органолептичних властивостях готових продуктів відповідно до їхнього призначення. Дослідження обраних рослин вели за показниками, встановленими на основі літературних даних та власних результатів попередніх експериментів.

Так, відомо, що смак і запах продукту, які передусім оцінює споживач, визначається співвідношенням у плодах і ягодах цукрів та органічних кислот. Це характеризується глюкоацидометричним (глюкозоокислотним) індексом. Тобто, в усіх досліджуваних матеріалах необхідно визначити вміст загальних цукрів і кислот, урахувавши той факт, що оптимальним є їхнє співвідношення як 6–7 до 1.

Другу важливу характеристику плодово-ягідній сировині надає вміст і співвідношення аскорбінової кислоти та біофлавоноїдів. Аскорбінова кислота в організмі людини бере участь у регулюванні окислювально-відновних процесів, впливає на холестериновий обмін, підвищує опір організму застудним та інфекційним хворобам. Є дані, що вітамінний препарат із плодів шипшини використовують у комплексному лікуванні радіаційних уражень.

Враховуючи важливе фізіологічне значення аскорбінової кислоти для тваринних і рослинних організмів, учені приділяють їй вивченню значну увагу. Є чимало відомостей про вміст аскорбінової кислоти у плодах багатьох видів культурних і дикорослих рослин, однак ці дані розрізнені, і тому доцільно щоразу визначати вміст аскорбінової кислоти у досліджуваних рослинних матеріалах, як це наведено у даній статті.

Більш того, учені, які вивчають вітамінний склад різних рослинних культур, у т. ч. дикорослих, єдині у своєму висновку – найбільший ефект аскорбінової кислоти виявляється за умови її спільної дії з біофлавоноїдами. І сьогодні механізм фізіологічного та терапевтичного впливу поліфенольних сполук пов'язують саме із їхньою взаємодією з аскорбіновою кислотою.

Третім необхідним показником якості плодово-ягідних культур є вміст каротиноїдів, оскільки, згідно з ДЕСТ 29187, він регламентується у швидкозаморожених напівфабрикатах.

Враховуючи наведені міркування, визначили зазначені показники, зведені у таблицю 1.

Аналіз і зіставлення даних таблиці дає можливість охарактеризувати кожен культуру з погляду відповідності вищезазначеним чинникам.

Так, оптимальному значенню **глюкоацидометричного індексу** з 4 досліджених культивованих сортів ягід не відповідає лише червона порічка (2,87), а для інших сортів він становить від 6,6 до 8,03. Із дикорослих видів низькі значення цього індексу мають журавлина, терен, агрус, які й було виключено з подальших досліджень.

Досліджувані культивовані сорти та дикорослі види мають досить високий вміст і **аскорбінової кислоти, і біофлавоноїдів**. Причому, за деякими винятками, спостерігається кореляція між вмістом цих двох біокомпонентів для кожного виду рослин.

На думку науковців М. Головкиної та М. Новельнова (1988), динамічна рівновага цієї системи може знаходитися у стійкому стані лише за певних концентраційних співвідношень флавонових

сполук і аскорбінової кислоти. Зміна концентрації одного із компонентів рівноважної системи викликає зсув рівноваги в той чи той бік і призводить до ослаблення стабілізуючого чинника обох вітамінів стосовно один одного.

Детально вивчаючи вплив флавоноїдів на окислення аскорбінової кислоти, І. Давідек (1961) показав, що вони запобігають окисленню аскорбінової кислоти іонами металів. Механізм дії флавоноїдів полягає у блокуванні каталітичного впливу металів шляхом зв'язування їх у стабільні, nereакційноздатні комплекси. Флавоноїди сприяють економним витратам аскорбінової кислоти в живому організмі; загально визнаною є їхня здатність зміцнювати стінки кровоносних судин і регулювати їхню проникність. Останніми дослідженнями доведено, що ефект впливу флавоноїдів на капіляри досягає максимальної інтенсивності за умови одночасного введення аскорбінової кислоти.

Третій чинник, за яким оцінювали якість плодово-ягідної сировини, – **вміст каротиноїдів**. Загалом плоди і ягоди не можна віднести до багатих джерел каротиноїдів, окрім окремих видів шипшини, глоду, аронії чорноплідної, горобини, обліпихи. У монографії В.П. Петрової [2, с. 200–209] зазначено, що максимальну кількість каротинів містять цілком зрілі плоди, причому накопичення цієї групи БАВ відбувається нерівномірно – сформовані плоди мають певну їх

концентрацію, потім вона дещо знижується і різко зростає на час повного дозрівання. За отриманими нами даними, найбільше каротиноїдів містять аронія чорноплідна (4,9 мг%), смородина чорна (3,8 мг%), вишня (2,4 мг%), калина й ожина.

Таким чином, за встановленими нами і визначеними показниками, предметами подальших досліджень є кісточкові (плоди вишні та калини); насіннячкові (плоди аронії чорноплідної); ягоди справжні (чорниця, смородина чорна); ягоди складні (малина, ожина, суниця). Цей перелік охоплює практично всі групи плодово-ягідних культур, тому розроблені в подальшому технології їх заморожування можна поширити й на інших представників відповідних груп.

Важливість біокомпонентів, яким ми надали пріоритетного значення як у складі свіжої сировини, так і в отриманих із неї заморожених напівфабрикатів, підтверджується з'ясуванням їхньої ролі у функціонуванні організму людини. Так, основні засвоєвані вуглеводи досліджених нами культур – глюкоза, фруктоза, сахароза. У загальній сумі цукри переважають моносахариди: наприклад, у чорниці при загальному цукрі 8,0% частка сахарози складає до 0,6%, а в ожині загальний цукор представлено лише глюкозою та фруктозою (8,6%). Це є важливою характеристикою плодово-ягідних культур: такий вуглеводний склад дозволяє рекомендувати їх як у свіжому, так і в замороженому вигляді хворим, ослабленим людям,

Таблиця 1

Експериментальні дані визначення вмісту основних біокомпонентів у плодово-ягідних культурах (на 100 г продукту)

$p \geq 0,95; n = 3$

Дослідні зразки	Загальний цукор, %	Органічні кислоти, %	Глюкоацидо-метричний індекс	Вітамін С, мг%	Біофлавоноїди, мг %	Каротиноїди, мг%
Культивовані сорти						
вишня	9,1	0,98	6,6	62,2	1340,0	2,4
малина	8,2	1,1	7,45	51,4	1285,0	1,18
смородина чорна	8,6	1,07	8,03	234,6	1858,0	3,8
порічка червона	6,6	2,3	2,87	49,4	1305,0	1,15
Дикорослі види						
аронія чорноплідна	7,8	0,96	7,96	129,4	2466,0	4,9
чорниця	8,0	0,76	10,5	54,6	2143,0	1,4
ожина	8,6	1,22	7,05	68,8	2447,0	1,57
калина	6,2	1,12	5,5	39,4	1345,0	1,7
журавлина	4,2	3,14	1,34	36,6	1076,0	0,56
терен	8,3	3,2	2,59	31,2	373,0	1,1
агрус	7,2	3,4	2,12	55,8	876,0	1,18
суниця	7,6	1,3	5,85	104,6	1978,0	1,35

особам похилого віку, дітям, оскільки організмові не потрібно витрачати енергію на розщеплення сахарози до простих цукрів, які безпосередньо надходять у кров. Досліджені плоди і ягоди містять певні кількості органічних кислот – від 0,76% до 3,4%, що знову ж таки залишається властивим для кожного культурного сорту та дикорослих видів.

Особливою увагою науковців користується бурштинова кислота рослин. І це не дивно. Діапазон її впливів надзвичайно широкий – вона стимулює діяльність нирок та кишечника, має протистресову, протизапальну, антиоксидантну дію. Бурштинова кислота використовується для лікування анемії різного походження, радикулітів, серцево-судинних захворювань.

Аналіз даних таблиці свідчить про багатий вітамінний склад плодово-ягідних матеріалів. Оскільки БАР рослин вивчено недостатньо, то всі отримані експериментальні результати роблять певний внесок у суму знань про невикористані їхні потенційні можливості. Наприклад, цінність аронії науково доведена і не викликає жодних сумнівів – ще у 60-х роках минулого століття медики вивчали дію соку чорноплідної горобини на хворих гіпертонією і встановили поліпшення регулювання тону судин, зниження артеріального тиску, покращення нервових процесів.

Дані вмісту аскорбінової кислоти у досліджених ягодах досить високі, особливо у чорній смородині, аронії чорноплідної, суниць, вишні. Звісно, ці результати значно скромніші, ніж для ягід шипшини (де виявлено від 1 531 до 3 094 мг% аскорбінової кислоти), однак вони переважають обліпиху (12–45 мг%), терен (28,6–36,8 мг%), барбарис (20,2–28,4 мг%).

Сучасні дослідження підтверджують справедливість і обґрунтованість теорії, розвитком якої є розуміння того, що механізм фізіологічного впливу і багатогранність терапевтичної дії поліфенольних сполук полягає у їхній взаємодії з аскорбіновою кислотою і безпосередньо пов'язаний із її властивостями. Зрозуміло, що найбільш цінними для харчових виробництв і отримання заморожених напівфабрикатів є ті види і сорти плодово-ягідних культур, котрі поєднують високі концентрації поліфенолів та аскорбінової кислоти – сполук, які діють синергічно і в складі харчових продуктів, і на рівні шлунково-кишкового тракту.

З погляду біології та медицини, повна характеристика рослинної сировини за вмістом капілярзміцнюючих сполук може бути дана лише за умови одночасної наявності в ній таких осно-

вних представників Р-активних сполук, як безбарвні катехіни і лейкоантоціани, жовті флавоноли та червоно-фіолетові антоціани. Саме в аронії чорноплідній, у чорній смородині, вишні, чорниці Р-активний комплекс охоплює всі названі необхідні сполуки. Для порівняння – у шипшині, наприклад, містяться в переважно лише дві групи: катехіни та флавоноли.

Аналіз даних таблиці показує, що для більшості досліджених ягід високий рівень поліфенольних сполук збігається з С-вітамінною активністю: смородини чорної (1 858 мг% та 234,6 мг%); аронії чорноплідної (2 466 мг% та 129,4 мг%) тощо.

Нині, коли велике значення у збереженні здоров'я населення надається профілактиці захворювань, передусім серцево-судинних, надзвичайно важливим є пошук нових джерел, у т. ч. нетрадиційних, та їх залучення до сфери харчових технологій. Головним чином це стосується рослинних матеріалів, які поєднують у своєму складі значні кількості аскорбінової кислоти та високий вміст поліфенольних сполук.

За всіма перерахованими критеріями ягоди аронії чорноплідної, смородини чорної, суниць, ожини та плоди вишні посідають пріоритетне місце серед високовітамінних сортів і повинні найбільш широко використовуватися у харчовій та фармацевтичній промисловості.

Порівняння даних таблиці показує, що синтез каротиноїдів (попередників вітаміну А) у рослинах проходить менш інтенсивно, ніж аскорбінової кислоти та поліфенолів. Каротиноїди представлені β-каротином та його ізомерами. Ягоди та плоди містять також цілий ряд жовто-оранжево-червоних пігментів, до яких входять лікопін, ксантофіл, криптоксантин та інші, що теж мають А-вітамінну активність. Співвідношення між β-каротином та загальним вмістом каротиноїдів у рослинній сировині відзначається великою різноманітністю, хоча простежується одна закономірність – у загальній масі каротиноїдів на β-каротин припадає найбільша частка. За деякими літературними даними, вона складає від 50 до 75% від суми каротиноїдів (їх на сьогодні виявлено понад 300).

На основі виконаних нами досліджень [6, с. 37] виявлено, що у рекомендованих до заморожування плодово-ягідних культурах зберігається до 90% аскорбінової кислоти (за оптимальних умов проведення процесу), тим часом як за ДЕСТ 29187 гарантований рівень вітаміну С, наприклад, у заморожених ягодах чорної смородини, має становити 75мг% при вихідній концентрації вітаміну у свіжій сировині 200 мг%, тобто

ступінь збереження аскорбінової кислоти становить 37,5%.

Загалом для характеристики харчової й особливо біологічної цінності заморожених плодів і ягід показників, регламентованих ДЕСТ 29187 (вміст вуглеводів, вітаміну С, ніацину, каротиноїдів), явно недостатньо. На сьогодні більшість основних представників комплексу БАР плодово-ягідних культур та їх перетворення при заморожуванні досить добре вивчено, чому присвячено значну кількість і наших робіт. Це дає підстави сформулювати науково обґрунтовані критерії вибору плодово-ягідних культур, найбільш придатних до заморожування з гарантованою якістю отриманих напівфабрикатів, їхніми належними органолептичними показниками та підвищеною біологічною цінністю.

Висновки. Високоякісні заморожені продукти можна отримати лише з високоякісної сировини, а зберегти у готовій продукції увесь вітамінний комплекс дає можливість сучасна технологія, що ґрунтується на інноваційних підходах у техніці та технології заморожування, а також на принципах здорового харчування. Якість фруктів і ягід залежить від виду, сорту, умов вирощування та збирання врожаю, транспортування і зберігання сировини. На

основі виконаних досліджень встановлено, що головним критерієм вибору плодово-ягідної сировини для заморожування є комплекс БАР, який характеризує повноту харчової та біологічної цінності і сировини, і готової продукції. У цьому комплексі першочергова увага надається глюкоацидометричному індексові як співвідношенню вмісту загальних цукрів і кислот; якісному та кількісному вмістові і співвідношенню аскорбінової кислоти й біофлавоноїдів; вмістові каротиноїдів, який регламентується згідно з ДЕСТ 29187 у швидкозаморожених плодах та ягодах. Інші критерії вибору характеризують важливу кріопротекторну роль моно- та дисахаридів (як складників біокомплексу плодів та ягід) у стабілізації і функціональній інтеграції внутрішньоклітинних макромолекул і мембранних структур при заморожуванні плодово-ягідної сировини; підвищення біологічної цінності окремих компонентів сировини при холодовій адаптації.

Подальші дослідження спрямовані на розроблення нових та вдосконалення існуючих способів заморожування плодово-ягідної сировини з отриманням напівфабрикатів підвищеної біологічної цінності з максимальним збереженням вітамінного комплексу вихідних матеріалів при заморожуванні та зберіганні.

Список літератури:

1. Jancher M.T. Influencia del proceso de congelacion sobre la texture del esparrago blanco. Efecto del escalado y la velocidad de congelacion. Alimentaria. 1993. 30. № 247. P. 51–57.
2. Петрова В.П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений. Киев: Вища школа, 1986. 287 с.
3. Mindell E. Vitamin Bible. New York: Richard Curtis Association Inc., 2000. 432 p.
4. Ильина С.И. Двенадцать месяцев здоровья. Киев: Логос, 2000. 320 с.
5. Нечаев А.П. Пищевая химия. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2001. 592 с.
6. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів. Київ: Видавництво «Сталь», 2011. 363 с.

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИГОДНОСТИ ПЛОДОВ И ЯГОД К ЗАМОРАЖИВАНИЮ

В статье приведены результаты исследований биохимического состава разных видов культивируемых и дикорастущих плодов и ягод по показателям, рекомендуемых авторами к рассмотрению в качестве основных критериев выбора сырья для замораживания с целью получения полуфабрикатов с гарантированным содержанием витаминов, других биологически активных веществ, надлежащими органолептическими характеристиками. Обосновано, что всей полноты пищевой, биологической и потребительской ценности замороженной продукции можно достичь, выбирая сырье для замораживания по следующим критериям: глюкоацидометрический индекс как соотношение содержания общих сахаров и кислот; качественное и количественное содержание и соотношение аскорбиновой кислоты и биофлавоноидов; содержание каротиноидов; содержание моно- и дисахаридов как составляющих биокомплекса плодов и ягод, проявляющих существенный кріопротекторный эффект при замораживании сырья; повышение биологической ценности отдельных компонентов сырья при холодовой адаптации.

Ключевые слова: плоды, ягоды, витамины, органолептические свойства, критерии, замораживание, полуфабрикаты.

THE MAIN INDICES OF FRUIT AND BERRIES' SUITABILITY TO FREEZING

The author of the article presented the results of researching the biochemical composition of various wild and cultivated fruit and berries, according to the certain indices recommended by other scientists to examine as the main criteria to select the raw materials for freezing. The purpose of this research is to obtain the half products with guaranteed content of vitamins, other biologically active substances, and the relevant organoleptic characteristics. There was proved that the wholeness of nutritional, biological, and consumptive value of frozen products can be achieved due to selection of raw materials for freezing by the following criteria: glycoacidometric index as the correlation of general sugars and acids; qualitative and quantitative content and correlation of ascorbic acid and bioflavonoids; the content of carotenoids; the content of mono and disaccharides as the part of fruit and berry biocomplex revealing the essential cryoprotective effect in freezing; the increase of biological value of the certain components of raw materials in cooling adaptation.

Key words: *fruit, berries, vitamins, organoleptic properties, criteria, freezing, half products.*

УДК 637.1

Турчин І.М.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Войчишин А.В.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Гамкало Х.В.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

ВИКОРИСТАННЯ КОРЕНЯ СЕЛЕРИ У ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ ПАСТ

Сучасні темпи розвитку суспільства призвели до виникнення численних проблем із харчуванням та небезпечністю харчових продуктів. В Україні актуальність проблем, пов'язаних із якістю та характером харчування, визначається низькою спроможністю більшості населення забезпечити повноцінний харчовий раціон. Для України концепція здорового харчування набирає обертів, останніми роками інтенсивно розвивається виробництво функціональних продуктів. Прогнозується, що в найближчі роки частка функціональних продуктів досягне 30% всього обсягу продовольчого ринку. Також спостерігається зростання попиту на молочні продукти з комбінованим збалансованим складом. Овочі відіграють важливу роль у харчуванні людини, тому цікавим є поєднання молочної й овочевої сировини в єдиний продукт, зокрема використання кореня селери в технології сиркових виробів. Корінь селери має корисні властивості, заспокоює нервову систему, є легким антидепресантом, позитивно впливає на роботу нирок та нормалізує сон. У статті представлено технологію сиркової пасти з пюре кореня селери функціонального призначення. Обрано оптимальний спосіб та етап внесення пюре кореня селери під час виробництва сиркових виробів. Експериментальним шляхом визначено оптимальну кількість овочевого пюре, а саме 20%. Вивчено органолептичні та фізико-хімічні показники пюре кореня селери та готового продукту.

Ключові слова: сир кисломолочний, корінь селери, технологія, сиркові вироби, органолептичні показники, фізико-хімічні показники.

Постановка проблеми. Харчування є основною умовою існування людей, оскільки саме з їжею людина отримує усі необхідні для організму компоненти, тому воно повинно бути якісним і повноцінним. Для підтримання здоров'я, працездатності, довголіття людині важливо дотримуватися трьох основних принципів харчування: збереження балансу енергії, задоволення потреб організму в необхідній кількості і необхідному співвідношенні харчових речовин, підтримання режиму харчування [1–6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У розвинених країнах світу йде постійна робота зі створення нових продуктів функціонального харчування, що володіють як широким спектром застосування, так і точковою спрямованістю.

У розвинутих країнах світу реалізуються національні програми з оздоровлення населення шляхом розроблення харчових компонентів, що корегують біохімічний склад продуктів харчування масового споживання [4; 7].

Результати досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених показують, що продукти харчування володіють не тільки поживною цінністю, але і функціональною спрямованістю.

Важливу роль у формуванні здорового організму, підтриманні міцного здоров'я відіграє вживання овочів, фруктів, ягід, а також продукції, виготовленої на основі рослинної сировини. Коренеплоди мають велике харчове значення, оскільки багаті на вуглеводи, азотисті речовини, ефірні олії, вітамін С [8–10; 11]. Їх використовують

у сирому та сушеному вигляді, застосовують для приготування різних страв, у якості приправ, а також для виготовлення різних консервів. Завдяки збалансованому співвідношенню основних харчових компонентів – білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин, вітамінів, молочної кислоти та антибіотичних речовин – кисломолочні продукти володіють дієтичними властивостями, тому цікавим є поєднання молочної й овочевої сировини в єдиний продукт.

Овочевим компонентом для виробництва сиркової пасти було обрано корінь селери. Цей овоч володіє значними корисними властивостями, зокрема заспокоює нервову систему, знімає набряки і промиває нирки, нормалізує сон. Селера містить різні мінерали, дуже важливі для організму, такі як кальцій, фосфор, магній, калій, цинк і залізо, а також вітаміни А, Е, С, вітаміни групи В [11–15].

Постановка завдання. Метою досліджень було розроблення технології сиркової пасти з пюре кореня селери функціонального призначення.

Для досягнення мети роботи були поставлені такі завдання:

- дослідити доцільність впровадження у виробництво сиркової пасти пюре кореня селери;
- дослідити вплив рослинного компонента на формування якості сиркової пасти;
- розробити рецептури та встановити оптимальні параметри виробництва сиркової пасти з пюре кореня селери;
- дослідити органолептичні та фізико-хімічні мікробіологічні показники готового продукту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Повторність дослідів 5-кратна. Результати досліджень обробляли методом математичної статистики та кореляційного аналізу за програмами Microsoft Word і Microsoft Excel.

Відбір проб та підготовку їх для дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [20; 21]:

- масову частку вологи (сухих речовин) – шляхом висушування проби до постійної маси;
- вміст клітковини – методом прямого вагового визначення, сутність якого полягає в окисненні, руйнуванні та розчиненні різних хімічних сполук, крім клітковини, яку виділяють, висушують та зважують;
- масову частку зольних елементів – ваговим методом, шляхом повного спалювання всіх органічних речовин маси наважки продукту в муфельній печі;

– вміст органічних кислот – методом потенціометричного титрування досліджуваного розчину гідроксиду до рН 8,1.

Органолептичну оцінку зразків проводили за п'ятибальною шкалою з визначенням зовнішнього вигляду, кольору, запаху, аромату та смаку (ДСТУ 4823.2:2007).

Для виробництва сиркової пасти використовували таку сировину і матеріали:

- сир кисломолочний ДСТУ 4554:2006 [16];
- сметана з м. ч. ж. 20% ДСТУ 4418:2005 [18];
- селера коренева свіжа ДСТУ 289-91 [17];
- сіль кухонна ДСТУ 3583-97 (ГОСТ 138530-97) [19].

З метою визначення оптимальної кількості рослинної сировини було сформовано три дослідні групи сиркової пасти Д №1, Д №2 та Д №3 відповідно з 10, 20 та 25% пюре кореня селери.

На відміну від інших овочів, селера містить органічний натрій, який замінює звичайну сіль. Селерова сіль, яку виготовляють із кореня, підвищує засвоюваність організмом поживних речовин і не накопичується в суглобах [16; 17; 22].

Завдяки вмісту біологічно активних речовин селера виводить шлаки з організму, сприяє зменшенню ваги, нормалізує діяльність серцево-судинної системи, сприяє нормальному обміну речовин та здійснює лікувально-профілактичну дію на організм людини.

Корисні речовини кореня селери ефективні у боротьбі з простудними захворюваннями на початковій стадії. Його вживають в їжу для активування захисної функції організму проти вірусних інфекцій. Вітамін К, який міститься в даному коренеплоді, бере участь у процесах згортання крові. За необхідності з його допомогою знижують артеріальний тиск. При анемії, виснаженні та недокрів'ї вживання селери в їжу покращує самопочуття, оскільки в ній міститься багато заліза. Солі магнію, присутні в складі коренеплоду, благотворно впливають на психологічне самопочуття. Крім цього, селера стимулює пам'ять і увагу. Не дивно, що цей овоч – улюблений овоч дієтологів у складанні дієт. Він незамінний для переходу на правильне харчування [10; 11; 18–22].

Корінь селери проявляє легку сечогінну і послаблюючу дію, допомагає очистити організм від шлаків. У разі проблем із апетитом варто додати до раціону цей корисний продукт, і він поліпшить травлення їжі [10; 17–19].

Склад основних компонентів кореня селери, а саме: вміст вологи, білків, клітковини, мінеральних речовин, вітамінів, представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Вміст харчових речовин кореня селери

Харчові речовини	на 100 г селери
Вода, %	90,0
Білки, г	1,3
Вуглеводи, г (загальні)	6,7
Клітковина, г	1,0
Мінеральні речовини, мг:	
натрій	77
калій	393
кальцій	63
магній	33
фосфор	27
залізо	0,5
Вітаміни, мг:	
β-каротин	0,01
В1	0,03
В2	0,04
В3	0,4
В6	0,15
біотин, мкг	0,1
ніацин	0,85
Енергетична цінність, ккал	31

Таблиця 2

Органолептика кореня селери

Найменування показника	Характеристика
Консистенція та зовнішній вигляд	Коренеплід округлений або плоско-округлений, розширений донизу, з великою кількістю бокових корінців. Шкірочка рівна і гладка. При постукуванні по кореню чути приглушений звук, що свідчить про те, що всередині у ньому немає порожнечі.
Смак і запах	Приємний, помірно виражений, пряний, характерний для даного коренеплоду.
Колір	Сірувато-біле забарвлення на поверхні. Біле забарвлення м'якоті, неоднорідне, характерне для даного коренеплоду.

Селера містить: білків – до 1,3%, вуглеводів – 6,7%, клітковини – 1,0%, золи – 1,0%, органічних кислот – 0,1%, мінеральні солі (особливо калію, фосфору та кальцію) та вітаміни [10].

У селері також містяться фенольні кислоти, їх загальний вміст складає 1,3 мг на 100 г сирової маси. Як і всі пряні овочі, селера містить ефірні олії й інші ароматичні та смакові речовини, які надають їй специфічний приємний смак і запах. Коренеплоди містять 5–10 мг/100 г ефірних олій. Ефірні олії проявляють дезінфікуючі й антисеп-

тичні властивості, знижують активність гнильних мікроорганізмів і запальних процесів у травному тракті, стимулюють діяльність залоз внутрішньої секреції [10; 11].

Селера містить велику кількість вітамінів, вільних амінокислот, серед них аргінін, гістидин, лізин, серин, аланін, тирозин, аспарагінова та глютамінова кислоти [10; 22].

Корінь селери характеризується певними органолептичними властивостями (табл. 2).

В умовах навчальної лабораторії для приготування пюре з селери нами були відібрані високоякісні корені діаметром не менше 30 мм.

Для приготування пюре з селери застосовували технологічну схему (рис. 1).



Рис. 1. Технологічна схема виробництва пюре з кореня селери

Корені селери мили і чистили, нарізали на невеликі кубики. Подрібнені корені селери склали в посудину, додавали невелику кількість води, доводили до кипіння і варили 20–25 хв із моменту закипання до готовності, після чого воду зливали з посудини, додавали сіль і ретельно подрібнювали блендером до пюреподібної ніжної консистенції.

Технологічний процес виробництва сирової пасти з пюре кореня селери складається з таких технологічних операцій (рис. 2):

Приймання, оцінка якості та підготовки сировини

Кисломолочний сир подрібнювали до однорідної консистенції. Для доведення масової частки

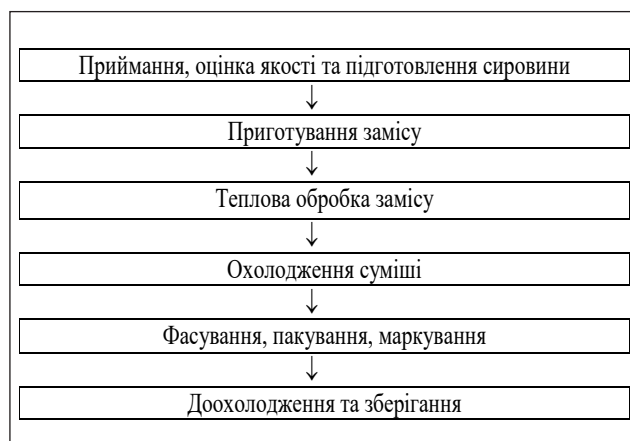


Рис. 2. Технологічна схема виробництва сиркової пасты з пюре кореня селери

вологи сиру кисломолочного до потрібної його допресовували. Корінь селери вносили у вигляді пюре. Підготовлені до виробництва всі види сировини, передбачені рецептурою, зважували і переходили до підготовки замісу.

У місильну машину закладали сир кисломолочний за температури 12–15°C, вмикали

мішалку і вносили компоненти рецептури. Середня тривалість перемішування становила 5–10 хв.

Після закінчення обробки отриману масу охолоджували у холодильних камерах до температури не вище за 2–6°C і направляли на пакування.

Органолептичні показники сиркових паст із коренем селери наведені у табл. 3.

Таким чином, за органолептичними показниками найкращі характеристики отримав дослідний зрієць № 2, оскільки відзначався збалансованістю смаку, запаху і консистенції.

У дослідному зрізці № 2 сиркової пасты з пюре кореня селери визначали хімічний склад: білки, клітковину, органічні кислоти, зольні елементи (табл. 4).

Висновки. Пюре кореня селери дозволяє збагатити сиркову пасту вітамінами, клітковиною, мінеральними речовинами, органічними кислотами та іншими цінними для організму речовинами. Визначено оптимальну кількість пюре кореня селери для виробництва сиркової пасты, а саме 20%.

Таблиця 3

Характеристика органолептичних показників сиркової пасты з пюре кореня селери

Органолептичний показник	Сиркова паста		
	Дослід № 1 (10%)	Дослід № 2 (20%)	Дослід № 3 (25%)
Консистенція	Однорідна по всій масі		
Смак	Кисломолочний, помірно солоний, майже не відчувається смак овочевої сировини	Кисломолочний, гармонійний, помірно солоний, приємний, притаманний сировині, з присмаком кореня селери	Помірно солоний, із вираженим смаком кореня селери та мало вираженим смаком кисломолочного сиру
Запах	Характерний кисломолочний, із ледь відчутним запахом кореня селери	Характерний кисломолочний, із помірно відчутним запахом кореня селери	Із вираженим запахом кореня селери
Колір	Білий із кремовим відтінком, однорідний по всій масі		

Таблиця 4

Хімічний склад сиркової пасты з пюре кореня селери

Найменування	Готовий продукт
Вода, %	75,8
Білки, %	4,25
Органічні кислоти в перерахунку на молочну, %	0,56
Клітковина, %	1,2
Зольні елементи, %	0,75
Вітаміни, мг%	25,7
Енергетична цінність, ккал	85

Список літератури:

1. Дорохович Н. Функциональное питание. Продукты питания. 2008. № 6. С. 49–51.
2. Лихолоб Н. Рынок молочных продуктов 2008 г. Food&Drinks. 2008. № 7. С. 50–52.
3. Расширяем ассортимент. Ингредиенты. 2007. № 9. С. 24.
4. Буянова И.В., Красавина Е.С. Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов. 2002. № 4. С. 45.
5. Просеков А.Ю., Шебукова А.С. Продукты из сыворотки с овощными наполнителями. Молочная промышленность. 2006. № 6. С. 70.
6. Голубева Л.В., Мельникова Е.И., Терешкова Е.Б. Растительное сырье в молочносодержащих десертах. Молочная промышленность. 2006. № 2. С. 56–57.
7. Полежаева Т.А., Петрунина Е.Б., Плаченев А.Б. Биологическая ценность кисломолочных продуктов с наполнителями растительного происхождения. Молочная промышленность. 1998. № 4. С. 19–20.
8. Пат. 2147186 Россия, МПК6 А 23 С 9/152/. Способ производства молочного продукта с добавкой растительного происхождения. Квасенков О.И., Бурмистров Г.П., Васильева Т.А.; НИИ пищевого концентрата. пром-сти и спец. пищ. технологии. № 99100945/13; Заявл. 22.01.99; Оpubл. 10.04.2000, Бюл. № 10. 85.
9. Пат. 2149562 Россия, МПК7 А 23 С 9/152, 3/08, 23/00. Способ производства молочного продукта с добавкой растительного происхождения. Квасенков О.И., Бурмистров Г.П., Васильева Т.А.; НИИ пищевого концентрата. пром-сти и спец. пищ. технологии. № 99100981/13; Заявл. 22.01.99; Оpubл. 27.05.2000, Бюл. № 15.
10. Пат. 2197831 Россия, МПК7 А 23 С 23/00. Спосіб отримання молочно-рослинної пасти. Гос. учр. ВНИИ молочно-пром-сти, Павлова В.В., Петрова С.П., Харитонов В.Д. № 2000120023/13; Заявл. 28.07.2000; Оpubл. 10.02.2003.
11. Васильев К.И., Воробьева Н.В. Использование овощного сырья в производстве комбинированных продуктов на основе творога. Технология продуктов повышенной ценности: Сборник научных работ Кемеров. технол. ин-т пищ. пром-сти. Кемерово: Изд-во Кемеров. технол. ин-т пищ. пром-сти. 2000. С. 84.
12. Хоцко Ю.А., Артюхова С.И. Разработка технологии детской творожной пасты «Неженка» с различными наполнителями, обогащенной витаминами и бифидобактериями. Совершенствование производства молочных продуктов, доклад науч.-техн. конференции посвящ. 5-летию ОмГАУ, 1999. Омск: Изд-во ОмГАУ, 1999. С. 23–24.
13. Павлова Ж.П., Парфенова Т.В., Гречкина Ю.А. Творожные изделия с фитокомпонентами. Молочная промышленность. 2006. № 10. С. 58–59.
14. Jevetle J.A. Industry Response to Problems Related to Nutritive Value of the USA Diet. 16th International Congress of Food Science and Technology. Dublin, Ireland, 1988. P. 315–318.
15. Lebensmitteltechnik und Lebensmittelqualität. Molkereitg. Weltmilch, 1988, 42, № 45. P. 1456–1458.
16. ДСТУ 4554:2006 Сир кисломолочний. Загальні технічні умови.
17. ДСТУ 289-91 Селера коренева свіжа. Технічні умови.
18. ДСТУ 4418:2005 Сметана. Технічні умови.
19. ДСТУ 3583: 97 Сіль кухонна. Загальні технічні вимоги.
20. ГОСТ 25555.4-82 (СТ СЭВ 3009-81). Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения золы и ее щелочность. М.: Изд-во стандартов, 1982. 4 с.
21. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. Взамен ГОСТ 24556-85. Введ. 01.07.90.89. М.: Изд-во стандартов, 1990. 10 с.
22. URL: <http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/zvit250810.pdf>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРНЯ СЕЛЬДЕРЕЯ В ТЕХНОЛОГИИ ТВОРОЖНЫХ ПАСТ

Современные темпы развития общества привели к возникновению многочисленных проблем с питанием и опасностью пищевых продуктов. В Украине актуальность проблем, связанных с качеством и характером питания, определяется низкой способностью большинства населения обеспечить полноценный пищевой рацион. Для Украины концепция здорового питания набирает обороты, а именно производство функциональных продуктов за последние годы интенсивно развивается. Прогнозируется, что в ближайшие годы доля функциональных продуктов достигнет 30% всего объема продовольственного рынка. Также наблюдается рост спроса на молочные продукты с комбинированным сбалансированным составом. Овощи играют важную роль в питании человека, поэтому интересно сочетание молочной и овощной сырья в единый продукт, в частности использование корня сельдерея в технологии творожных изделий. Корень сельдерея обладает значительными полезными свойствами, успокаивает нервную систему, является легким антидепрессантом, положительно влияет на работу почек и нормализует сон. В статье представлена технология творожной пасты с пюре из корня сельдерея функционального назначения. Выбран оптимальный способ и этап внесения пюре корня сельдерея при производстве творожных изделий. Экспериментальным путем определены оптимальное количество овощного пюре, а именно 20%. Изучены органолептические и физико-химические показатели пюре корня сельдерея и готового продукта.

Ключевые слова: творог, корень сельдерея, технология, творожные изделия, органолептические показатели, физико-химические показатели.

USE OF THE ROLL-BASED CELLAR IN THE TECHNOLOGY OF WOVEN PAT

Modern pace of society has led to the emergence of numerous nutritional and food safety issues. In Ukraine, the urgency of the problems related to the quality and character of food is determined by the low ability of the majority of the population to provide a healthy diet. For Ukraine, the concept of healthy eating is gaining momentum, namely, the production of functional products has been developing intensively in recent years. It is forecasted that in the coming years, the share of functional products will reach 30% of the total volume of the food market. There is also an increase in demand for dairy products with a combined balanced composition. Vegetables play an important role in human nutrition, so it is interesting to combine dairy and vegetable raw materials in to a single product, in particular the use of celery root in the technology of cheese products. The root of celery has significant beneficial properties, soothes the nervous system, is a light antidepressant, positively affects the functioning of the kidneys and normalizes the sleep. The article presents the technology of the custard paste from the celery root of functional purpose. The optimum method and the step of introducing celery root in the manufacture of cheese products is chosen. Experimentally determined the optimal amount of vegetable puree, namely 20%. The organoleptic and physico-chemical parameters of celery root cake and finished product were studied.

Key words: *fermented milk cheese, celery root, technology, cheese products, organoleptic parameters, physical and chemical indices.*

УДК 637.56

Федорова Д.В.

Київський національний торговельно-економічний університет

Романенко Р.П.

Київський національний торговельно-економічний університет

ВПЛИВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА МІКРОСТРУКТУРУ І СЕНСОРНІ ВЛАСТИВОСТІ РИБО-РОСЛИННИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

У статті досліджено особливості впливу рослинної сировини (висівок пшеничних) на мікроструктуру та сенсорні характеристики рибо-рослинних фаршів. Вивчено кінетику набрякання рослинної сировини у фарші з термообробленої дрібної риби Gobiidae та обґрунтовано раціональну тривалість процесу. Наведено результати експериментальних досліджень із вивчення фракційного складу сухих рибо-рослинних напівфабрикатів, отриманих із використанням різних видів подрібнювального устаткування.

Ключові слова: дрібні риби Gobiidae, рибо-рослинні фарші, висівки пшеничні, мікроструктура, кінетика набрякання, сухі рибо-рослинні напівфабрикати.

Постановка проблеми. Однією з нагальних проблем людства залишається продовольча, яка безпосередньо впливає на такі основні характеристики життя будь-якої людини, як стан здоров'я і рівень якості життя. Нездатність більшості найбідніших країн вирішити проблему нестачі продовольчих ресурсів зробила цю проблему загальнолюдською. Найважливішою ініціативою на світовому рівні став саміт ООН у Нью-Йорку у 2000 р., на якому були сформульовані «Цілі розвитку тисячоліття». Одне з перших місць у списку завдань, які людство має вирішити, зайняло скорочення кількості голодних людей у світі. Нині в світі налічується 925 млн голодуючих [1]. На сьогодні у світі розвивається дефіцит забезпечення населення продовольчими ресурсами. ООН зафіксувала гострий дефіцит продуктів харчування у 34 країнах світу. За даними FAO, продовольчої підтримки гостро потребують 27 країн, що знаходяться в Центральній і Західній Африці. Україна увійшла до числа країн, де, згідно з даними ООН, не вистачає продовольства. Глобальний дефіцит продовольства очікується вже в 2050 р., коли, за оцінками дослідників, світове населення досягне 9,6 млрд осіб, що на 2,6 млрд більше, ніж на теперішній час [1].

У зв'язку із цим пошук альтернативних джерел їжі, оптимізація використання харчових відходів, комплексність використання харчової сировини мають надзвичайну актуальність і визначають пер-

спективні напрями наукових досліджень, зокрема в галузі харчових технологій. Науковою основою сучасної стратегії виробництва продуктів харчування є пошук нових ресурсів і додаткових резервів рослинної і тваринної сировини та подальшого їх ефективного використання при виробництві харчових продуктів, зокрема оздоровчого призначення.

Важливе місце у вирішенні продовольчої проблеми для населення України належить рибному господарству. Раціональне використання вітчизняної рибної сировини є актуальною народногосподарською проблемою. У зв'язку із цим постає необхідність розширення напрямів використання вітчизняної сировинної бази, зокрема дрібних риб, вторинних продуктів рибного виробництва та некондиційної рибної сировини, підвищення ефективності виробництва та впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення продовольчої проблеми розглядається у напрямі не тільки пошуку нових доступних для масового харчування джерел харчової сировини, але й у їх раціональному використанні й попередженні втрат при виробництві харчової продукції. У виробництві рибної продукції ці задачі вирішуються залученням сировини зниженої цінності (дрібних розмірів, низькобілкової, вторинних продуктів переробки риби). Значний внесок у вирішення фундаментальних питань створення

технологій сухих продуктів із рослинної та рибної сировини зробили дослідження таких вчених, як Л.С. Абрамова, Т.М. Бойцова, Т.К. Лебська, Т.М. Сафронова, О.В. Сидоренко, А. Hashimoto, С. Lee, N. Lee, D. Nonako, N. Seki, A. Yamamoto тощо [2–4].

Важливого значення для продовольчої безпеки країни набувають технології комплексної та мало-відходної переробки доступної для широких верств населення рибної сировини, передусім, дрібних бичкових риб родини Gobiidae, які на сьогодні є одним із найчисельніших і доступних за ціною об'єктів морського рибного промислу в Україні. В акваторіях Одеської та Бердянської заток в уловах найбільш чисельними серед бичкових риб є кругляк *N. melanostomus*, сурман *N. cephalargoides* та кнут *M. Batrachocephalus* [5]. У теперішній час в Україні здійснюється активний видобуток бичка – більше 10 тис. т щорічно, що становить більше 15% загального вітчизняного видобутку риби. За останні 2 роки його видобуток збільшився на 30%, що визначає перспективність використання цієї сировини на принципах ресурсозбереження для забезпечення сталого рівня продовольчої безпеки країни, зниження рівня імпортозалежності та раціонального використання вітчизняної сировинної бази, виробництва доступної продукції з повноцінними і легкозасвоюваними білками, створення запасу продовольчого резерву.

Бичок азовський є джерелом повноцінного і легкозасвоюваного білка, а його кісткові тканини – біодоступного кальцію, що визначає доцільність комплексного перероблення для виробництва харчової продукції та рибо-рослинних напівфабрикатів у сегменті масового і соціального харчування [6]. Впровадження ресурсозберігаючих технологій, за одночасного зменшення залежності від кон'юнктури зовнішнього ринку, дасть змогу скоротити відходи, більш раціонально використовувати вітчизняні рибні ресурси, знизити собівартість та підвищувати ефективність виробництва рибної продукції.

Відсутність у рибній сировині баластних речовин не дає змогу розглядати продукцію з рибного фаршу як таку, що відповідає формулі оптимального харчування людини. Поєднання рибної сировини та рослинної клітковини у складі рибо-рослинних напівфабрикатів переслідує кілька важливих цілей:

- покращення органолептичних властивостей напівфабрикатів;
- формування заданих функціонально-технологічних властивостей;

- підвищення харчової цінності, забезпечення фізіологічного вмісту харчових волокон, що необхідні для підтримання нормальної внутрішньої екології людини та формування оздоровчих властивостей готової продукції.

Попередніми дослідженнями обґрунтовано доцільність використання дрібної рибної сировини для виробництва сухих рибо-рослинних напівфабрикатів як основи для бульйонів, супів, соусів, як білково-мінеральної добавки широкого асортименту кулінарної продукції та борошняних кондитерських виробів. За результатами попередніх досліджень обґрунтовано доцільність попереднього вологотермічного оброблення дрібної рибної сировини перед сушінням для покращення споживних властивостей продуктів [7; 8]. Проте потребують додаткового вивчення особливості впливу рослинної сировини, зокрема висівок пшеничних, на мікроструктуру та формування показників якості рибо-рослинних фаршів та сухих напівфабрикатів із них.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження особливостей впливу рослинної сировини на мікроструктуру та сенсорні характеристики рибо-рослинних фаршів для обґрунтування раціональної технології отримання сухих рибо-рослинних напівфабрикатів.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі задачі:

- визначити вплив рослинної сировини (висівок пшеничних) на мікроструктуру рибо-рослинних фаршів;
- вивчити кінетику набрякання рослинної сировини у фарші з термообробленою дрібною рибю Gobiidae та обґрунтувати раціональну тривалість процесу;
- вивчити вплив рослинної сировини на сенсорні властивості рибо-рослинних фаршів, дослідити ступінь подрібнення та фракційних склад сухих напівфабрикатів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єкти дослідження – сухі рибо-рослинні напівфабрикати (РРН) на основі цілого бланшованого патраного без голови Gobiidae з використанням рослинної сировини:

- фарш із цілого бланшованого патраного без голови Gobiidae (контроль 1);
- фарш із гідролізованих голів Gobiidae (контроль 2);
- рибо-рослинний фарш і сухий напівфабрикат із цілого бланшованого патраного без голови Gobiidae з використанням 10% висівок пшеничних (дослід 1);

– рибо-рослинний фарш і сухий напівфабрикат із термооброблених голів *Gobiidae* з використанням 10% висівок пшеничних (дослід 2).

Попередню гідротермічну обробку рибної сировини здійснювали шляхом оброблення патраних тушок без голови *Gobiidae* гострою парою протягом 8–10 хв., а рибні голови піддавали гідролізу шляхом варіння у воді при температурі 100°C при співвідношенні води та рибної сировини 1:1 протягом 40–45 хв., після попередньої гідротермічної обробки рибну сировину (окремо тушки і голови) залишали на ситах із діаметром отворів менше $1 \cdot 10^{-3}$ м для стікання зайвої вологи [9]. Рибну масу подрібнювали на вовчку з діаметром отворів $5 \cdot 10^{-3}$ м до розмірів частинок $(5 \dots 6) \cdot 10^{-3}$ м (фарш із вареної риби). (рис. 1). Цей процес є важливим для збіль-

шення питомої поверхні випаровування і якості наступного сушіння.

На рис. 1 чітко видно структуру фаршів із попередньо вологотермічно обробленої рибної *Gobiidae*. Якщо структура фаршу з бланшованої рибної сировини з патраного без голови *Gobiidae* (контроль 1, а) – переважно довгі білкові волокна м'язової тканини із середньою довжиною $(5 \dots 6) \cdot 10^{-3}$ м і товщиною $(3 \dots 4) \cdot 10^{-3}$ м, то структура фаршу з гідролізованих рибних голів – більш однорідна та волокниста, її основу становлять частково глютинізовані колагенові волокна (контроль 2, б). Візуалізуються частинки кісткових фракцій та шкіри, яка має темно-коричневий та чорний колір.

Для отримання сухих рибо-рослинних напівфабрикатів підготовлені фарші (окремо фарш із тушок і з рибних голів) диспергували з підготовленою рослинною сировиною у кількості 10% від маси фаршу, витримували для стабілізації масообміну і гранулювали на вовчку з діаметром отворів $5 \cdot 10^{-3}$ м.

Із метою кількісного визначення рівномірності розподілу та стабілізації масообміну рослинної сировини (висівок пшеничних) у структурі фаршів із *Gobiidae* вивчали кінетику масообміну рослинних фракцій у ньому протягом різної тривалості витримування фаршів із рослинною сировиною (від 10 до 120 хв.). Для цього термооброблену рибну сировину змішували із підготовленою рослинною, диспергували протягом 10–60 с, витримували протягом $(30 \dots 120) \cdot 60$ с для набрякання гідроколоїдів та стабілізації масообміну (розподілу вологи) (рис. 2, б, в, г, д).

На рис. 2 (б, в, г) візуалізуються частинки рослинної сировини різної форми та розмірів. Для приготування фаршів рибо-рослинних використовували висівки пшеничні із середнім розміром частинок менше 250 мкм (88%). Здійснювали дисперсійний аналіз на основі обробки мікрофотографій частинок фаршів, отриманих за допомогою електронного мікроскопу. Для характеристики їх розміру використовували лінійний діаметр. Для обробки отриманих мікрофотографій використовували спеціальну програму CorelDraw X7.

За результатами проведеного дослідження встановлено, що протягом досліджуваного періоду середній розмір частинок рослинних фракцій збільшився у 2,9–3,1 рази. Так, якщо перед використанням середній лінійний діаметр висівок пшеничних становив 150–250 мкм – 69,1%, то після 30 хв. витримування він становив 2400–2500 мкм – 45,6% (рис. 3, б), а після 60 хв. витримування –

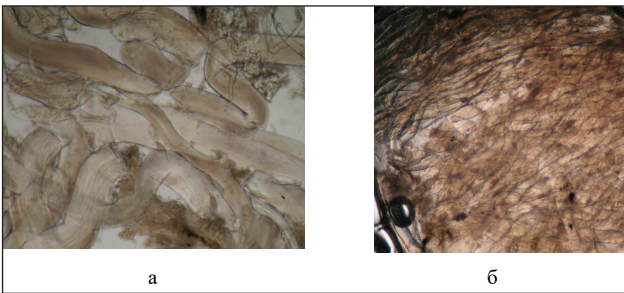


Рис. 1. Електронно-мікроскопічна структура фаршу з волого термічно обробленої рибної сировини *Gobiidae* ($\times 10$): а) контроль 1; б) контроль 2

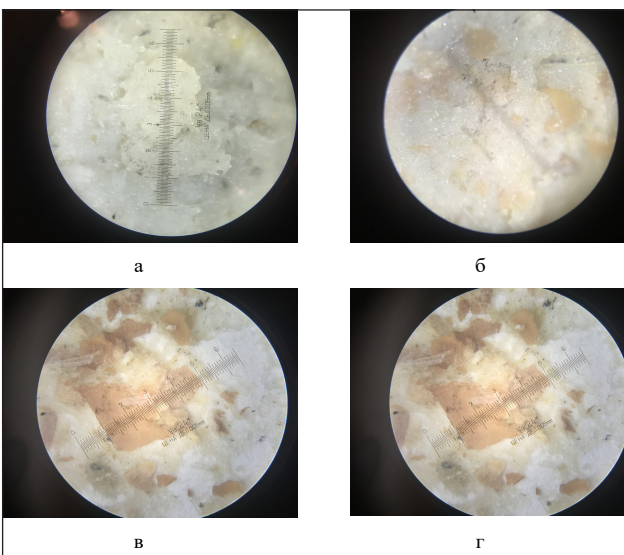


Рис. 2. Електронно-мікроскопічна структура фаршу з бланшованої рибної сировини – патраного без голови *Gobiidae* з використанням 10% висівок пшеничних: ($\times 10$): а) контроль 1; б) дослід 1 після 30 хв. витримування; в) дослід 1 після 60 хв. витримування; г) дослід 1 після 90 хв. витримування

Органолептичні показники якості рибо-рослинних фаршів, підготовлених до сушіння

Показник	Найменування фаршу	
	Фарш рибо-рослинний із бланшованої риби	Фарш рибо-рослинний дезодорований із гідролізованих рибних голів
Зовнішній вигляд	Гранульована неоднорідна рибо-рослинна маса із розмірами частинок (2...3)·10 ⁻³ м.	Гранульована неоднорідна рибо-рослинна маса із розмірами частинок (2...3)·10 ⁻³ м
Колір	Від сірого до темно-сірого із темно-сірими та кремово-коричневими включеннями	Світло-сірий із темно-сірими включеннями шкіри та кремово-коричневими включеннями рослинної сировини
Консистенція	Середньої пластичності, достатньо формується	Пластична, легко формується, еластична
Запах	Слабковиражений рибний запах	Слабковиражений рибний запах

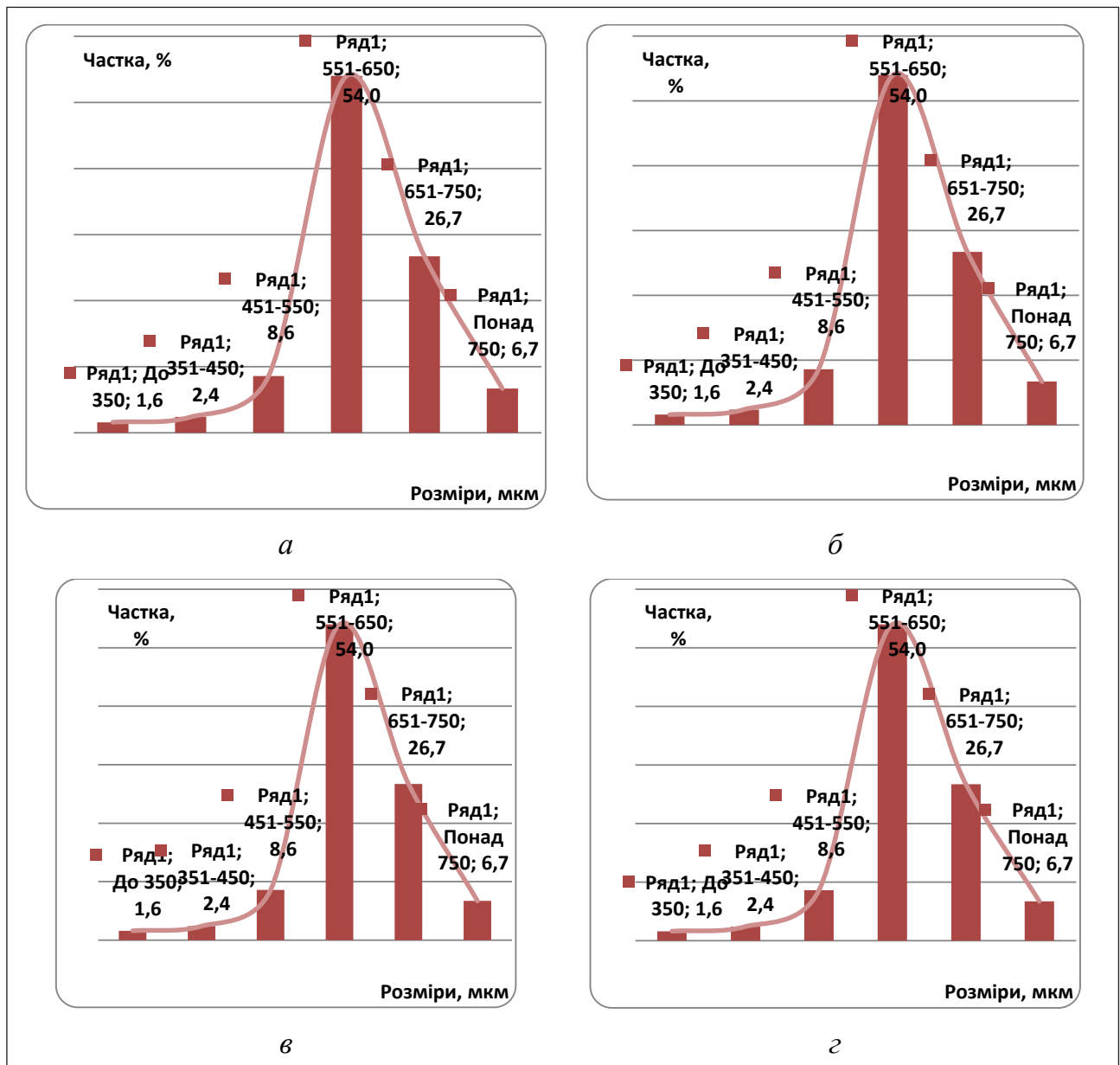


Рис. 3. Диференціальні криві розподілу рослинних фракцій у рибних фаршах із бланшованого патраного без голови Gobidae з використанням 10% висівку пшеничних за середніми розмірами:
 а) висівки пшеничні (контроль 3); б) дослід 1 після 30 хв. витримування;
 в) дослід 1 після 60 хв. витримування; г) дослід 1 після 90 хв. витримування

550–750 мкм (68,8%) (рис. 3, в). Після 90 хв. витримування фаршу з висівками суттєвого збільшення середнього розміру висівок не спостерігалось, а

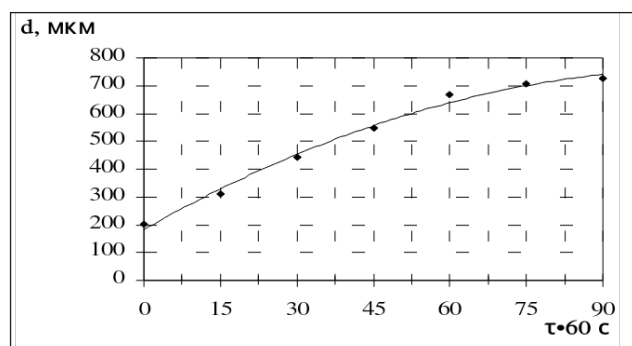


Рис. 4. Кінетика набрякання рослинної сировини у структурі фаршу з бланшованого патраного без голови Gobiidae

частка їх найбільшої фракції – 550–750 мкм збільшилась до 80,7% (рис. 3, г).

Отже, експериментально встановлено, що після 60 хв. витримування середній розмір рослинних фракцій збільшувався несуттєво і становив 550–750 мкм (рис. 3, в). Кінетика набрякання рослинної сировини у структурі фаршу з бланшованого патраного без голови Gobiidae протягом 90 хв. наведена на рис. 4.

Математична залежність середнього лінійного розміру висівок від часу замочування у досліджуваному діапазоні: $y=46774,2x^2+10.403x+183.0338$.

Експериментально встановлено, що раціональна тривалість витримування висівок пшеничних у складі фаршу з рибної сировини визначено 60–70 хв. За цей період відбувається достатній масообмін у наведених середовищах та стабіліза-

Таблиця 2

Результати досліджень наявності часточок розміром більше 0,2 мм залежно від виду подрібнювача, часу та швидкості подрібнення

Тривалість подрібнення, τ×60-1 с	Швидкість подрібнення, 60×с-1								
	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
У роторному подрібнювачі Thermomix TM31									
1,0	-	-	1<200 мкм	2<200 мкм	4<200 мкм	17<200 мкм	22<200 мкм	28<200 мкм	34<200 мкм
2,0	5<200 мкм	9<200 мкм	16<200 мкм	21<200 мкм	35<200 мкм	41<200 мкм	48<200 мкм	53<200 мкм	59<200 мкм
3,0	20<200 мкм	28<200 мкм	35<200 мкм	41<200 мкм	50<200 мкм	56<200 мкм	61<200 мкм	67<200 мкм	79<200 мкм
4,0	29<200 мкм	26<200 мкм	42<200 мкм	48<200 мкм	55<200 мкм	60<200 мкм	69<200 мкм	78<200 мкм	92<200 мкм
5,0	37<200 мкм	50<200 мкм	58<200 мкм	52<200 мкм	67<200 мкм	73<200 мкм	88<200 мкм	96<200 мкм	98<200 мкм
У шаровому млині тонкого подрібнення харчових продуктів									
0,5	28<200 мкм	35<200 мкм	51<200 мкм	72<200 мкм	-	-	-	-	-
1,0	40<200 мкм	49<200 мкм	61<200 мкм	88<200 мкм	-	-	-	-	-
1,5	54<200 мкм	68<200 мкм	93<200 мкм	98<200 мкм	-	-	-	-	-
2,0	73<200 мкм	92<200 мкм	98<200 мкм	100<200 мкм	-	-	-	-	-
У дезінтеграторі «ДЗ-300»									
0,5	-	35<200 мкм	-	83<200 мкм	-	-	-	-	-
1,0	-	75<200 мкм	-	98<200 мкм	-	-	-	-	-
1,5	-	96<200 мкм	-	100<200 мкм	-	-	-	-	-
2,0	-	100<200 мкм	-	100<200 мкм	-	-	-	-	-

ція збільшення лінійних розмірів рослинної сировини.

Органолептичні показники якості рибо-рослинних фаршів, підготовлених до сушіння наведено у табл. 1.

Згідно з наведеними даними (табл. 1), органолептичні показники якості фаршів із різних частин дрібної рибної сировини мають близькі характеристики: колір від світло-сірого (для фаршу з тушок) до темно-сірого (для фаршу з голів), приємний слабковиражений запах риби. Фарші характеризуються достатньою пластичністю та легкоформованою консистенцією. Фарш із рибних голів характеризується високими пластично-еластичними властивостями.

Підготовлені гранульовані рибо-рослинні фарші направляли на сушіння. Підготовлені фарші висушували у конвективній сушарці за температури 60°C, швидкості руху сушильного агента 4,5 м/с та вологовмісті 10 г/кг сухого повітря до залишкового вологовмісту 5–8% із подальшим подрібненням на порошки [7; 9].

Після операції висушування фаршів проводили етап тонкого подрібнення рибної сировини до порошкоподібного стану. Порошкоподібна форма сухих рибо-рослинних напівфабрикатів може бути перспективною товарною формою, яка дає змогу розширити галузь їх застосування. Тому для формування необхідних функціонально-технологічних властивостей та залучення до технологічних потоків виробництва широкого спектру харчових продуктів висушені рибо-рослинні фарші подрібнювали до порошкоподібного стану. Подрібнення сухої рибної сировини після сушіння в умовах рибопереробних підприємств та підприємств харчування може відбуватися на різному подрібнювальному устаткуванні – подрібнювачах і дезінтеграторах роторного типу, млинах молоткового типу, шарових млинах, тощо. Бажаним критерієм якості подрібнення сухих рибо-рослинних напівфабрикатів на порошок є забезпечення розмірів часточок рибо-рослинних напівфабрикатів не більше 0,1–0,2 мм, що зумовлено порогом органолептичної чутливості та умовами їх всмоктування у шлунково-кишковому тракті.

У зв'язку із цим метою подальших досліджень було визначення найбільш раціональних режимів подрібнення висушених рибо-рослинних фаршів у різних подрібнювачах із метою перетворення його на порошок. Дослідження проводилися за використання таких видів подрібнювачів, які найбільш поширені у вітчизняних підприємствах харчування: роторного подрібнювача Thermomix

TM31 із використанням кутовидних ножів, шарового млина і дезінтегратора «ДЗ-300». Визначали середній лінійний розмір часточок при різних швидкостях та тривалості подрібнення. Варіюванню піддавали швидкість обертання робочих органів подрібнювачів. Розміри часточок отриманих порошків визначали методом мікроскопіювання за використання мікрометр-окуляра.

Дані щодо наявності часточок розміром менше 0,2 мм залежно від виду подрібнювача, часу та швидкості подрібнення зображені у табл. 2.

За даними таблиці 2, вид подрібнювачів певним чином впливає на кінцевий результат подрібнення. За високих швидкостей подрібнення на рівні 8000–10000 об/хв. у роторному подрібнювачі Thermomix TM31 бажаний результат тонкості подрібнення (менше 200 мкм) отримується з високим виходом тонкої фракції – 80% та більше.

Експериментально встановлено ефективність використання дезінтегратора «ДЗ-300» для подрібнення висушених рибо-рослинних фаршів, який дає змогу за найменший час подрібнення (до 1 хв.) при швидкості 5000 об/хв. отримати найбільшу частку тонкої фракції із розміром часточок менше 200 мкм. При швидкості подрібнення 3000 об/хв. аналогічна ступінь подрібнення досягається на 0,5–1 хв. довше (табл. 2).

У шарових млинах тонкого подрібнення продуктів, які поширені у сучасних закладах харчування бажана дисперсність помелу (менше 0,2 мм) досягається за частоти обертів робочих органів 4000–5000 об/хв. протягом 1,5–2 хв. При цьому більше 90% часточок продукту за середніми лінійними розмірами не перевищує 0,2 мм. За органолептичними показниками отримані порошки мають однорідну структуру, кремовий колір, слабо виражений рибний смак та запах. Рівень дисперсності часточок порошку не виходить за межі органолептичного порогу чутливості рецепторів, що становить не більше 0,2 мм.

Висновки. За результатами проведених досліджень визначено вплив рослинної сировини (висівок пшеничних) на мікроструктуру рибо-рослинних фаршів, вивчено кінетику набрякання рослинної сировини у фарші з термообробленої дрібної риби Gobiidae та обґрунтувати раціональну тривалість процесу – 60–70 хв., за який середній розмір рослинних фракцій у фаршах збільшувався до 550–750 мкм.

Рибо-рослинні фарші характеризуються приємним слабковираженим запахом риби, достатньою пластичністю та легкоформованою консистенцією. Експериментальні дослідження фракційного

складу сухих рибо-рослинних напівфабрикатів, отриманих із використанням найбільш поширених у вітчизняних підприємствах харчування подрібнювачів, показали високу технологічність напівфабрикатів. Рациональні режими подрібнення сухих рибо-рослинних напівфабрикатів визначаються залежно від типу встановленого на підприємстві

устаткування та заданих обсягів перероблення продуктів. Отримані сухі рибо-рослинні напівфабрикати можуть бути основою для виробництва рибних бульйонів для супів та соусів або самостійним сухим напівфабрикатом для підприємств ресторанного господарства і харчової промисловості, тому потребує подрібнення, фасування та пакування.

Список літератури:

1. FAO Statistical Yearbook 2010. Word Food and Agriculture. Word Food and Agriculture Organization of The United Nations. Roma, 2010. URL : <http://www.fao.org>.
2. Абрамова Л.С. Обоснование технологии поликомпонентных продуктов питания с задаваемой структурой и комплексом показателей пищевой адекватности на основе рыбного сырья: автореф. ... дис. докт. техн. наук: 05.18.04. Калининград, 2003. 53 с.
3. Сидоренко О.В. Формування асортименту та якості риборослинних продуктів. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. 322 с.
4. Мазаракі А.А., Лебська Т.К., Сидоренко О.В., Ніколаєнко С.М., Притульська Н.В. Інноваційні технології переробки риби. Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2014. 432 с.
5. Федорова Д., Кузьменко Ю. Біологічна цінність рибо-рослинних напівфабрикатів на основі комплексного перероблення бичка азовського. Товари і ринки. К.: КНТЕУ. 2015. С. 85–97.
6. Заморов В.В., Черникова С.Ю., Караванский Ю.В., Леончик Е.Ю. Динамика сетных уловов бычковых рыб (gobiidae) в прибрежной зоне одесского залива. Наук. Вісн. Терноп. нац. пед. ун-ту. 2015. № 3–4 (64). С. 238–241.
7. Федорова Д.В., Романенко Р.П. Кінетика процесу сушіння рибних напівфабрикатів. Товари і ринки. 2016. № 2 (22). С. 158–176.
8. Піддубний В.А., Мазаракі А.А., Притульська Н.В., Кравченко М.Ф., Федорова Д.В. Інновації в харчових технологіях: монографія / за ред. д.т.н., проф. Піддубного В.А. К.: Кондор-Видавництво, 2015. 568 с.
9. Притульська Н.В., Федорова Д.В. Ресурсозберігаюча технологія сухих рибо-рослинних напівфабрикатів. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2017. Вип. 18. С. 65–71.

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ И СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА РЫБО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

В статье исследованы особенности влияния растительного сырья (отрубей пшеничных) на микроструктуру и сенсорные характеристики рыбо-растительных фаршей. Изучена кинетика набухания растительного сырья в фарше из термообработанной мелкой рыбы Gobiidae и обоснована рациональная продолжительность процесса. Приведены результаты экспериментальных исследований по изучению фракционного состава состав сухих рыбо-растительных полуфабрикатов, полученных с использованием различных видов измельчающего оборудования.

Ключевые слова: *мелкие рыбы Gobiidae, рыбо-растительный фарш, отруби пшеничные, микроструктура, кинетика набухания, сухие рыбо-растительные полуфабрикаты.*

INFLUENCE OF PLANT RAW MATERIAL ON MICROSTRUCTURE AND SENSOR PROPERTIES OF FISH AND PLANT SEMI-PRODUCTS

In the article the features of the influence of plant material (wheat bran) on the microstructure and sensory characteristics of fish and plant minced meat is studied. The kinetics of swelling of plant material in minced meat from boiled small fish Gobiidae was studied and rational length of the process was substantiated. The results of experimental studies on the fractional composition of dry fish and plant semi-finished products obtained with the use of different types of grinding equipment are presented.

Key words: *small fish Gobiidae, fish and plant minced meat, wheat bran, microstructure, kinetics of swelling, dry fish and plant semi-products.*

ТРАНСПОРТ

УДК 656.072

Кара І.А.

Національний університет «Львівська політехніка»

ВИБІР МАРШРУТІВ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ОЦІНКОЮ ЇХ ПРИВАБЛИВОСТІ

У статті розроблено методику визначення привабливості маршрутів громадського транспорту міста, яка протестована на окремих із них. Описано процедуру виконання натурних досліджень та наведено результати визначених основних характеристик автобусних, троллейбусних, трамвайних маршрутів та маршрутів з пересадками, зокрема інтервалів руху їх та наповненості салонів. Розраховано кількість пасажирів, що скористається кожним із запропонованих альтернативних варіантів доїзду до місця призначення поїздки.

Ключові слова: привабливість маршруту, альтернативні варіанти маршрутів, наповненість салону транспортного засобу, інтервал руху, вартість проїзду.

Постановка проблеми. Сучасний стан міських перевезень характеризується наявністю низки проблемних питань. Одним із них є визначення ефективності функціонування міської пасажирської транспортної системи і напрямків її розвитку. Сьогодні на ринку міських пасажирських перевезень склалася ситуація, за якої затратна частина на перевезення пасажирів формується за цінами світового ринку, а дохідна частина залежить від рівня прибутків населення України. Значна диспропорція між цими складовими сприяла виникненню збитковості міських пасажирських перевезень. Для забезпечення роботи міської пасажирської транспортної системи у таких умовах суспільство вимушене йти на зниження рівня комфортності пересування, що у свою чергу негативно позначається на соціальних аспектах перевезення пасажирів (підвищується втомлюваність, знижується працездатність населення та ін.).

Тенденція збільшення кількості мешканців у найкрупніших містах висуває високі вимоги до забезпечення їхнього транспортного обслуговування. У зв'язку з цим транспортний процес перевезень пасажирів є невіддільною частиною забезпечення якісного функціонування інфраструктури міста.

Отже, актуальним є дослідження розподілу кількості потенційних пасажирів (попиту на пересування) між видами маршрутів громадського транспорту (далі – МГТ) з урахуванням привабли-

вості їх (забезпеченням певного рівня комфорту) для м. Львова.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пасажиропотоки, як наслідок задоволення попиту населення на пересування різними видами транспорту, визначаються рухливістю населення – кількісною мірою пересувань, що залежить від соціально-культурного рівня потенційних пасажирів, просторово-часових характеристик зон проживання та праці. Серед чинників, що впливають на формування, зростання або зниження показника рухливості населення відомі такі: зміна територіальних розмірів міської території, варіація доступності сполучення, удосконалення конструкцій транспортних засобів (далі – ТЗ), зміна вартості проїзду [1]. Вагомий вплив на формування пасажиропотоків має соціальний склад населення і мета пересування [2]. Обсяги пересування людей формують також і рівень розвитку суспільного виробництва, соціальну структуру суспільства, уклад життя, географічне розташування й характер розселення, розвиток техніки, інформації та зв'язку, бюджет вільного часу, культурно-побутові та суспільні запити людей [1]. Окрім того, на рівень потреби у пересуваннях впливають різні організаційні чинники: територіальна віддаленість об'єктів тяжіння, тривалість пересування, відстань між пунктами зупинок, транспортний тариф, якісні та кількісні параметри ТЗ (комфорт поїздки, час очікування) тощо [3-7].

Постановка завдання. Метою дослідження є визначення привабливості маршрутів громадського транспорту м. Львова з розрахунком кількості пасажирів, що скористаються кожним із них.

Виклад основного матеріалу. Дослідження основних характеристик МГТ проводилися на 6 маршрутах м. Львова: 4 автобусних, 1 тролейбусному та 1 трамвайному. Такий вибір маршрутів обґрунтовано з позиції забезпечення усіх варіантів доїзду між пунктами АС № 2 та зуп. Парк культури, вул. Лазаренка. Переміщення між ними зараз можливе за 6 варіантами:

- прямий автобусний маршрут № 35;
- маршрут із пересадкою – трамвай № 6 і автобус № 3А;
- маршрут із пересадкою – автобус № 53 і тролейбус № 25;
- маршрут із пересадкою – автобус № 53 і автобус № 3А;
- маршрут із пересадкою – автобус № 53 і автобус № 18;
- маршрут із пересадкою – автобус № 53 і автобус № 44.

Обстеження здійснювалися у неділю у передвечірній час, що пов'язано із великою кількістю пасажирів (особливо студентів), що претендують на переміщення від АС № 2 (вул. Б. Хмельницького) до студентських гуртожитків Національного університету «Львівська політехніка», які розташовані на вул. Лукаша та Ак. Лазаренка (зуп. Парк культури та вул. Лазаренка відповідно). Натурні дослідження проводилися у цей же час на посту спостереження зуп. вул. Шота Руставелі.

Перебуваючи на цьому посту, візуальним методом визначалися основні характеристики 6 МГТ. Результати обстеження наповненості салонів транспортних засобів (табл. 1) та інтервалів руху між ними (табл. 2) наведено нижче.

Таблиця 1

**Середня наповненість ТЗ
на досліджуваних МГТ м. Львова**

Маршрут	Вид маршруту	Середня наповненість, %
6	трамвайний	45
25	тролейбусний	45
3А	автобусний	95
18	автобусний	75
35	автобусний	60
44	автобусний	60
53	автобусний	80

Таблиця 2

**Інтервали руху між ТЗ
на досліджуваних маршрутах**

Вид та номер маршруту	Паспортний інтервал руху, хв.	Середній досліджуваний інтервал руху, хв.
Тролейбусний маршрут № 25	10-15	10
Трамвайний маршрут № 6	10	10
Автобусний маршрут № 3А	7-15	10
Автобусний маршрут № 18	15	18
Автобусний маршрут № 35	30-40	85
Автобусний маршрут № 44	10-15	22
Автобусний маршрут № 53	10-15	9

Отримано, що найбільш заповнені салони ТЗ у досліджуваний період на автобусних маршрутах № 3А і № 53. Інтервали руху на автобусних маршрутах № 35 і 44 значно перевищують паспортні (30-40 хв. та 10-15 хв. відповідно), причому як у сторону до центру, так і з центру. Найменший інтервал між ТЗ на досліджуваних маршрутах становить 3 хв., а найбільший – 91 хв. Значні відхилення досліджуваних інтервалів руху від паспортних пояснюються заторами у транспортних потоках зокрема перед перехрестями, що зумовлює і переповнення салонів автобусів (інтервал руху більший паспортного) і недостатнє заповнення (інтервал менший паспортного). Середні значення наповненості салонів ТЗ на досліджуваних маршрутах та інтервали руху використані нами для визначення привабливості цих маршрутів.

Пасажири, що користуються послугами МГТ, постійно зіштовхуються з проблемою вибору маршруту переміщення, що з'єднує два пункти: дім та робота, дім та побут, дім та культурно-побутові місця, робота-побут тощо. Потрібного пункту призначення можна дістатися, використовуючи переважно кілька варіантів маршрутів пересування. Вибір пасажира залежить від низки чинників, таких як час поїздки, час підходу до зупиночних пунктів, кількість пересадок, регулярність, тариф тощо. Під час розгляду множини варіантів сполучення кожному з них ставиться у відповідність величина, яка називається привабливістю, і залежить від важливості перелічених чинників і характеристик, якими можна оцінити їх. Вибір прийнятого варіанта маршруту визначається значенням його привабливості [8]. Оцінка привабливості (P)

альтернативи пересувань здійснюватиметься з урахуванням трьох параметрів [9]:

$$P = f\{V, I, N\}, \quad (1)$$

де V – вартість проїзду на маршруті;

I – середній інтервал руху ТЗ на маршруті;

N – наповненість салону ТЗ.

Вважається, що пасажир, вибираючи шлях пересування, мінімізує свої індивідуальні суб'єктивні витрати. Тому привабливість це альтернатива, яка може мати різні значення для різних потенційних пасажирів. Це пояснюється різним ставленням до параметрів пересування представників різних груп населення.

З використанням програмної реалізації моделі вибору альтернативного варіанту маршруту пересування (у середовищі MATLAB) [10], отримано такі значення привабливості МГТ, у т.ч. маршрутів із пересадками, що з'єднують два аналізовані вище пункти (АС № 2 та зуп. Парк культури, вул. Лазаренка) (табл. 3).

Таблиця 3

Визначення привабливості МГТ

№ маршруту	Тип	Вартість, грн.	Частка макс. вартості, V_{\max}	Інтервал, хв.	Частка макс. інтервалу, I_{\max}	Наповненість, %	Привабливість, балів
6	Трамвайний	2	0,25	10	0,25	45	8,5
25	Тролейбусний	2	0,25	10	0,25	45	8,5
3А	Автобусний	4	0,5	10	0,25	95	5
18	Автобусний	4	0,5	18	0,45	75	5
35	Автобусний	4	0,5	85	1	60	3,8
44	Автобусний	4	0,5	22	0,55	60	6,5
53	Автобусний	4	0,5	9	0,23	80	5
6-3А	Пересадка	6	0,75	10	0,25	95	1,7
53-25	Пересадка	6	0,75	10	0,25	80	1,7
53-3А	Пересадка	8	1	10	0,25	95	1,5
53-18	Пересадка	8	1	14	0,35	80	1,7
53-44	Пересадка	8	1	16	0,4	80	1,7

Інтервал руху на маршрутах з пересадками знаходили за виразом:

$$I_{\text{пер}} = \frac{I_1 + I_2}{2}, \quad (2)$$

де I_1 – інтервал руху між транспортними засобами до пересадки;

I_2 – інтервал руху між транспортними засобами після пересадки.

Наприклад, для маршруту з пересадкою з трамваю № 6 на автобусний маршрут № 3А:

$$I_{\text{пер}} = \frac{10 + 10}{2} = 10 \text{ хв.}$$

Наповненість салонів транспортних засобів на маршрутах з пересадками визначалася з огляду на максимальну наповненість до і після пересадки:

$$N_{\text{пер}} = \max\{N_1; N_2\}. \quad (3)$$

Наприклад, для маршруту з пересадкою з трамваєм № 6 на автобусний маршрут № 3А:

$$N_{\text{пер}} = \max\{45; 95\} = 95.$$

Отже, найпривабливішим маршрутом за трьома вищезгаданими характеристиками є тролейбусний маршрут № 25 та трамвайний маршрут № 6 з рівнем привабливості $P=8,5$ балів, найменш привабливим – маршрут з пересадкою № 53+3А з $P=1,5$ бали.

На основі даних пасажиропотоків між двома пунктами транспортної мережі, існуючих варіантів маршрутів, що їх сполучають, та привабливості варіантів пересування, розраховуємо кількість пасажирів, які можуть скористатися кожним із них [9]:

$$q_i = \frac{Q_{AB}}{\sum_{i=1}^n p_i} \cdot p_i, \quad (4)$$

де q_i – кількість пасажирів, які скористаються i -им варіантом маршруту;

Q_{AB} – пасажиропотік між двома пунктами пересувань пасажирів;

p_i – привабливість i -го варіанту маршруту серед n їх загальної кількості.

Анкетним дослідженням потреби пересувань від АС № 2, що знаходиться на вул. Б. Хмельницького, до зупинок Парк культури та Лазаренка, що знаходяться на вул. Стрийській (гуртожитки НУ «Львівська політехніка») встановлено потенційну потребу на це переміщення 400 осіб. За формулою 4 розрахуємо кількість пасажирів, що скористаються кожним із можливих шести варіантів маршрутів:

обсяг відправлення – 400 ос.

варіанти маршрутів – 35, 6-3А, 53-25, 53-3А, 53-18, 53-44

привабливість маршрутів, P : 35 – 3,8 бала; 6-3А – 1,7 бала, 53-25 – 1,7 бала, 53-3А – 1,5 бала, 53-18 – 1,7 бала, 53-44 – 1,7 бала.

Кількість пасажирів, що скористаються маршрутами:

$$q_{35} = \frac{400}{3,8 + 1,7 + 1,7 + 1,5 + 1,7 + 1,7} \cdot 3,8 = 126 \text{ ос.};$$

$$q_{6-3A} = \frac{400}{3,8 + 1,7 + 1,7 + 1,5 + 1,7 + 1,7} \cdot 1,7 = 56 \text{ ос.};$$

$$q_{53-25} = \frac{400}{3,8 + 1,7 + 1,7 + 1,5 + 1,7 + 1,7} \cdot 1,7 = 56 \text{ ос.};$$

$$q_{53-3A} = \frac{400}{3,8 + 1,7 + 1,7 + 1,5 + 1,7 + 1,7} \cdot 1,5 = 50 \text{ ос.};$$

$$q_{53-18} = \frac{400}{3,8 + 1,7 + 1,7 + 1,5 + 1,7 + 1,7} \cdot 1,7 = 56 \text{ ос.};$$

$$q_{53-44} = \frac{400}{3,8 + 1,7 + 1,7 + 1,5 + 1,7 + 1,7} \cdot 1,7 = 56 \text{ ос.};$$

Отримано, що найбільша кількість потенційних пасажирів (126 ос.) скористаються автобусним маршрутом № 35 без пересадки з рівнем привабливості $P=3,8$ бала. Маршрутом з пересадкою № 53+3А скористається лише 50 осіб, що пояснюється найнижчим рівнем його привабливості $P=1,5$ бали.

Висновки. На реальному прикладі показано особливість вибору потенційним пасажиром

маршрутів за оцінкою привабливості різних їх варіантів. Обґрунтовано кількість пасажирів, що можуть скористатися раціональним для них із запропонованих варіантів маршрутів. Інформація про привабливість різних видів маршрутів для пасажирів потрібна для визначення реальних пасажиропотоків на маршрутах громадського транспорту міста з метою корегування графіків руху транспортних засобів на маршрутах.

Список літератури:

1. Ембулаев В.Н., Артынов А.П., Скалетский В.В. Методы сбора и обработки информации о пассажиропотоках на городском пассажирском транспорте. Москва, 1981. 385 с.
2. Ларин О.Н. Организация пассажирских перевозок. Челябинск, 2005. 104 с.
3. Кристопчук М.С. Дослідження факторів впливу на розподіл пасажирських кореспонденцій по маршрутній мережі. «Наукові нотатки»: міжвузівський збірник. Луцьк, 2014. Випуск № 45. С. 317-322.
4. Гульчак О.Д. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів: автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук: 05.22.01. Київ, 2005. 19 с.
5. Вдовиченко В.О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи: автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук: 05.22.01. Київ, 2004. 21 с.
6. Авуа Дж. Альберт, Очеретенко С.В. Учет влияния функционального состояния пассажира при выборе им маршрута следования. Комунальне господарство міст: Транспортні системи і логістика. Харків, 2014. Випуск 118. С. 82-85.
7. Григорова Т.М., Давідіч Ю.О., Доля В.К. Визначення факторів, які впливають на вибір пасажирями виду приміського транспорту. Вісник НТУ "ХПІ". Харків, 2015. № 21 (1130). С.29-37.
8. Fornalchuk Ye., Bilous A., Demchuk I. The Model of Correspondence of Passenger Transportation on the Basis of Fuzzy Logic. Econtechmod: an international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes. Lublin ; Rzeszow, 2015. Volume 04, number 2. P. 59-64.
9. Демчук І.А. Обґрунтування вибору параметрів моделі кореспонденції пересувань населення. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: Новітні шляхи створення, тех. експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів: збірник тез доповідей. Одеса – Коблево, 2015. С. 71-73.
10. Fornalchuk Ye., Demchuk, I. The Formation of Transportation Route Selection Model of the Urban Population in Matlab Software Environment. TEKA. COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE. Lublin ; Rzeszow, 2015. Vol. 15, No.4, P. 61-66.

ВЫБОР МАРШРУТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ПО ОЦЕНКЕ ИХ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ

В статье разработана методика определения привлекательности маршрутов общественного транспорта города, которая протестирована на некоторых из них. Описана процедура выполнения натурных исследований и приведены результаты определенных основных характеристик автобусных, троллейбусных, трамвайных маршрутов и маршрутов с пересадками, в частности интервалов движения и наполненности их салонов. Рассчитано количество пассажиров, которые воспользуются каждым из предложенных альтернативных вариантов доезда к месту назначения поездки.

Ключевые слова: привлекательность маршрута, альтернативные варианты маршрутов, наполненность салона транспортного средства, интервал движения, стоимость проезда.

ROUTE SELECTION ACCORDING ITS ATTRACTIVENESS

The article considers the method for determining the attractiveness of public transport city, which is tested on some of them. Describes how to perform field studies and the results of the main characteristics of the bus, trolleybus, tram routes and routes with transfers, including intervals of movement and fullness salons. Calculated number of passengers that take advantage of each of the proposed alternatives directions to your destination trip.

Key words: appeal route, alternative routes, filling the cabin of the vehicle, range of motion, fare.

УДК 621.436.12

Ковбасенко С.В.

Національний транспортний університет

Голик А.В.

Національний транспортний університет

Петренко В.Г.

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

Соломаха А.С.

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

Устименко Є.В.

ТОВ «АвтоГазГлобал»

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЯ, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ГАЗОДИЗЕЛЬНИМ ЦИКЛОМ

Одним зі шляхів розширення паливної бази дизелів є використання в якості моторного палива стисненого природного газу. В КПІ ім. Ігоря Сікорського та Національному транспортному університеті за підтримки ТОВ «АвтоГазГлобал» створено газодизельну мікропроцесорну систему живлення дизеля. Ця система за допомогою механізму задання запальної дози забезпечує величину запальної дози при роботі дизеля за газодизельним циклом. На експериментальному автомобілі з розробленою мікропроцесорною системою живлення проведено дослідження димності відпрацьованих газів. Вони засвідчили значне зниження димності відпрацьованих газів дизеля при роботі за газодизельним циклом.

Ключові слова: дизель, газодизель, стиснений природний газ, димність, запальна доза, мікропроцесорна система живлення.

Постановка проблеми. Швидке зростання кількості автомобілів в Україні та світі гостро ставить питання екологічної безпеки, особливо дизельних двигунів, оскільки дизелями оснащуються автобуси, легкові та вантажні автомобілі, будівельна, дорожня та сільськогосподарська техніка. Основним забрудником атмосфери міст є транспорт [1]. Сумарна екологічна небезпека компонентів відпрацьованих газів (далі – ВГ) дизеля при використанні газових палив у порівнянні з традиційним моторним паливом значно менша [2].

Одним зі шляхів розширення паливної бази дизелів є використання стисненого природного газу (далі – СПГ) як моторне паливо дизелів. При переобладнанні дизеля у газодизель, необхідно лише додати газову паливну систему, оскільки газодизель двопаливний двигун.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Широкі дослідження з переобладнання дизелів у газодизелі проведені у Національному транспортному університеті. На рис. 1 показано навантажувальні характеристики газодизеля ЯМЗ-236 ГД, на який встановлюється паливний насос високого тиску (ПНВТ) з механічним всережимним регулятором частоти обертання, при роботі за дизельним та газодизельним циклами [3]. Частка запальної дози дизельного палива (ДП) складає 30%.

Як видно із наведених характеристик, вміст CO та CO₂ при роботі за газодизельним циклом незначний і близький до значень при роботі двигуна за дизельним циклом. Оксиди азоту зі зростанням навантаження досягають значення 1200 млн⁻¹ при роботі за газодизельним циклом та 1000 млн⁻¹ при роботі за дизельним циклом. Вміст вуглеводнів C_mH_n при роботі за газодизельним циклом біль-

ший, ніж при роботі за дизельним циклом. Димність відпрацьованих газів зростає при збільшенні потужності двигуна при роботі як за дизельним, так і газодизельним циклами.

Дослідження з переобладнання дизелів у газодизелі проводились такими відомими компаніями як BOSCH, Solaris та Valtra [4-6]. На рис. 2 показано порівняльні гістограми викидів шкідливих речовин при роботі дизеля за дизельним та газодизельним циклами з системою DG-Flex BOSCH.

Як видно з рис. 2, використання газодизельної системи живлення DG-Flex покращує екологічні показники двигуна, зокрема, викиди твердих частинок зменшуються у 6 разів у порівнянні з дизельним режимом роботи, а також зменшуються викиди NO_x .

На рис. 3 показано порівняльні гістограми експлуатаційних витрат на паливо та частку заміщення дизельного палива СПГ.

Як видно із рис. 3, запальна доза ДП складає 26%, а економія коштів на паливо при використанні газодизельної системи DG-Flex BOSCH складає 39%.

Отже, у наведених дослідженнях зазначається, що при роботі дизеля за газодизельним циклом

зберігаються енергетичні показники двигуна, використання газодизельного циклу у дизелях призводить до зменшення шкідливих викидів ВГ, окрім вуглеводнів, збільшення яких пов'язано з неякісним процесом згоряння СПГ при роботі на малих навантаженнях та режимі холостого ходу.

Постановка завдання. Проведений аналіз свідчить про необхідність розробки системи живлення дизелів для роботи за газодизельним циклом, що дозволить розширити паливну базу дизелів та дослідити зміну паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників автомобіля при роботі його двигуна за дизельним та газодизельним циклами.

Виклад основного матеріалу. В КПІ ім. Ігоря Сікорського та Національному транспортному університеті за підтримки ТОВ «АвтоГазГлобал» розроблена газодизельна мікропроцесорна система живлення (МПСЖ), яка забезпечує заміщення дизельного палива стисненим природним газом на рівні 70...80 %. Розробленою системою було обладнано експериментальний автомобіль ГАЗ-3309 з дизелем Д245.7.

У розробленій МПСЖ можливо здійснювати встановлення запальної дози дизельного палива у залежності від частоти обертання колінчастого вала (КВ). Для цього було розроблено механізм задання запальної дози (МЗЗД) (рис. 4).

МЗЗД призначений для забезпечення заданої величини подачі дизельного палива при роботі двигуна у газодизельному режимі. Вузол МЗЗД включає кроковий двигун 3 (рис. 5), який встановлено на кронштейні 2, що закріплено на корпусі регулятора.

На вісь 7 кронштейна 2 встановлено важіль 6, до якого закріплено упорний гвинт 8. Для задання необхідної запальної дози на важіль 6 діє рухома ланка 4 через шарнір 5.

При положенні важеля зупинки двигуна у позиції «СТОП» МЗЗД вимкнено і електромагніт зупинки двигуна також вимкнено. Важіль МЗЗД знаходиться у верхньому положенні разом з важелем зупинки двигуна (рис. 6, а). При роботі двигуна у режимі «Дизель» кроковий двигун 3 вимкнено і пружина утримує важіль 6 у положенні, коли упорний гвинт 8 не взаємодіє з важелем зупинки двигуна 9 (рис. 6, б).

При переході на газодизельний режим подається живлення на обмотку крокового двигуна 3, який переміщує важіль 6 у положення «Газодизель» (рис. 6, в). Одночасно знеструмлюється електромагніт зупинки двигуна 10 і його внутрішня пружина штовхає важіль зупинки двигуна

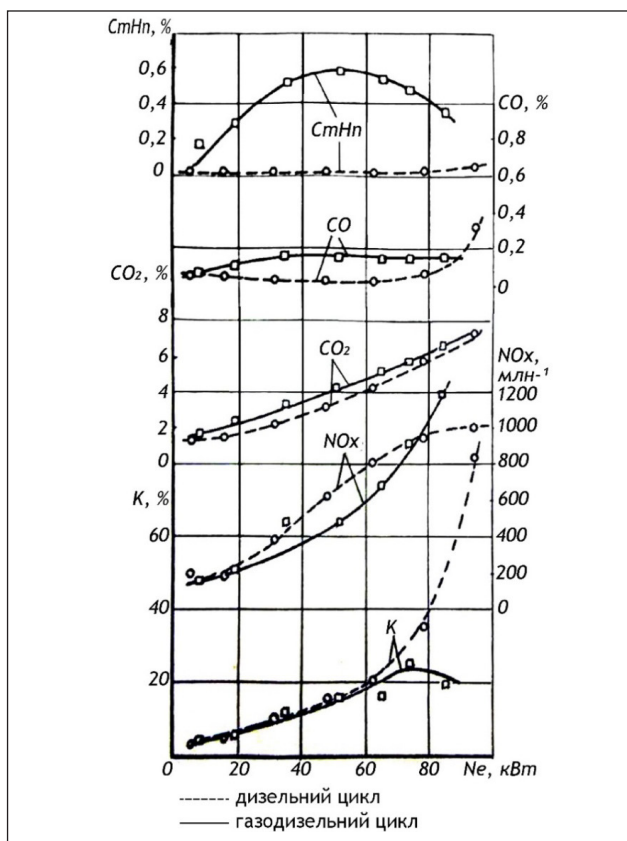


Рис. 1. Навантажувальні характеристики газодизеля ЯМЗ-236 ГД при роботі за газодизельним та дизельним циклами ($n=1500 \text{ хв}^{-1}$)

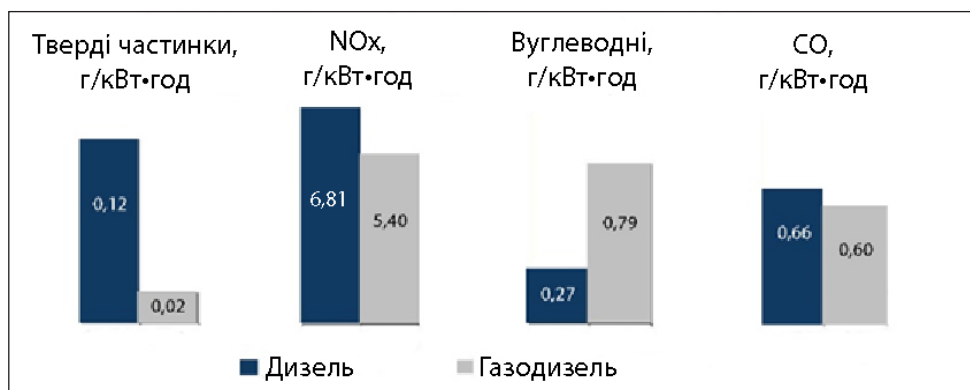


Рис. 2. Порівняння викидів шкідливих речовин дизеля, що працює за дизельним та газодизельним циклами із системою DG-Flex BOSCH

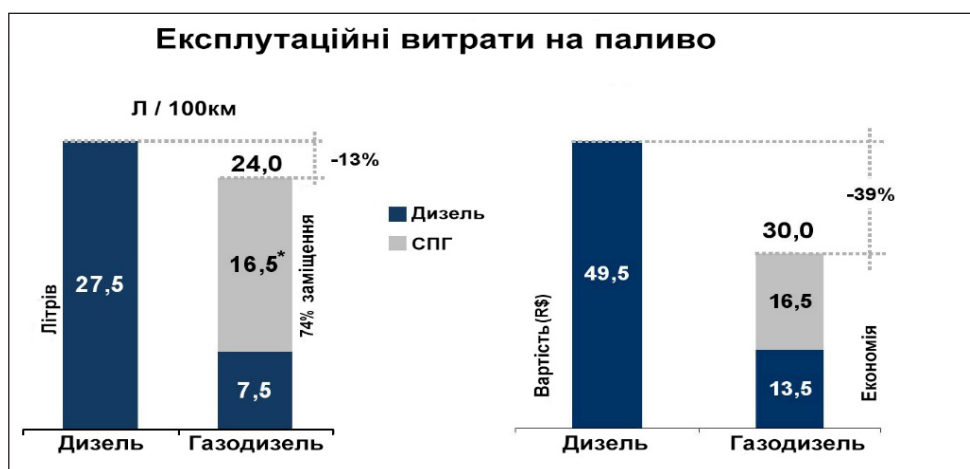


Рис. 3. Частка заміщення дизельного палива при використанні газодизельної системи DG-Flex BOSCH та порівняльні витрати на паливо

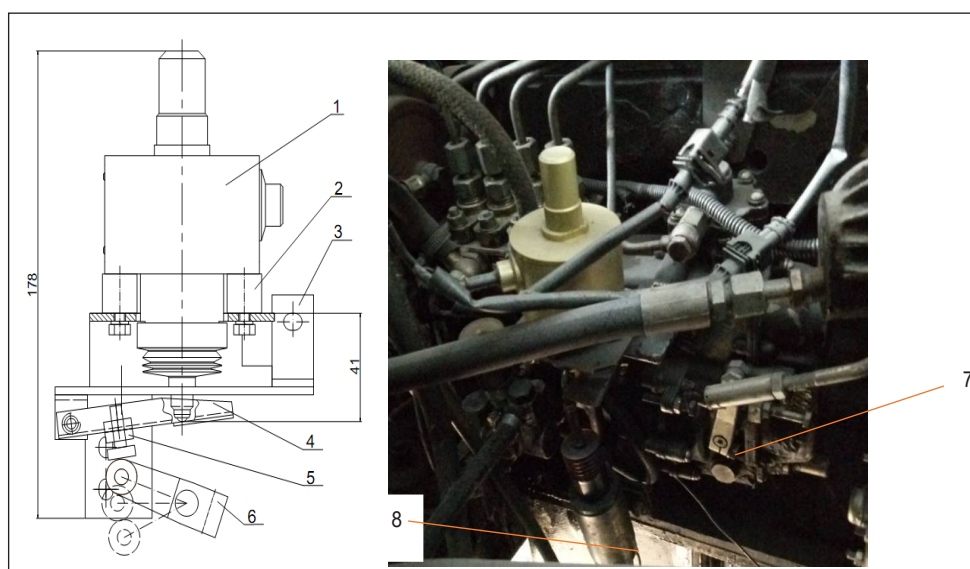


Рис. 4. Механізм задання запальної дози, що встановлений на паливному насосі дизеля Д245.7

1 – МЗЗД; 2 – амортизатор гумовий; 3 – кронштейн; 4 – важіль; 5 – упор регулювальний; 6 – важіль ПНВТ; 7 – ПНВТ; 8 – електромагніт зупинки двигуна

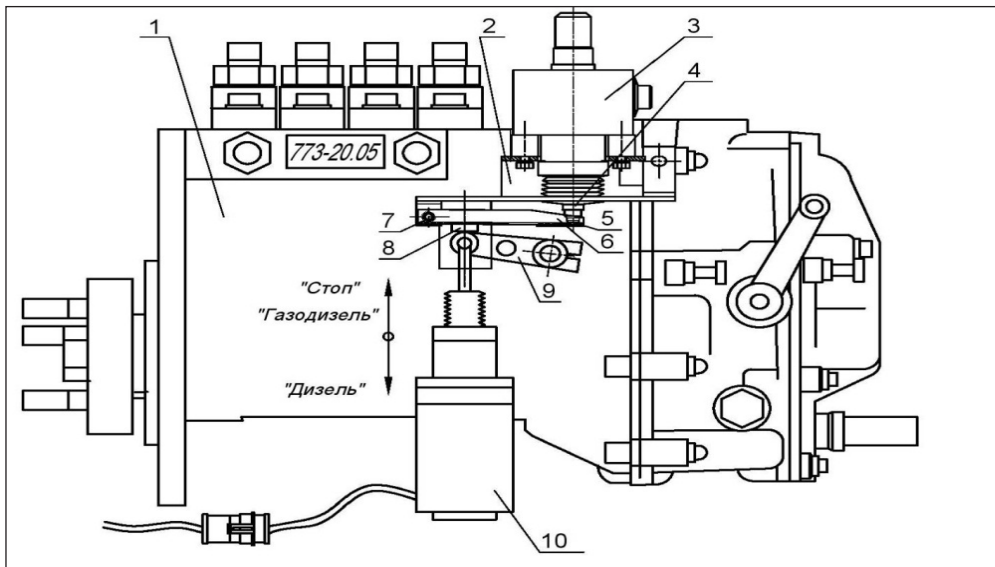


Рис. 5. ПНВТ 773-20.05 з встановленим МЗЗД

1 – ПНВТ; 2 – кронштейн; 3 – кроковий двигун МЗЗД; 4 – рухома ланка МЗЗД; 5 – шарнір; 6 – важіль МЗЗД; 7 – вісь; 8 – упорний гвинт; 9 – важіль зупинки двигуна ; 10 – електромагніт зупинки двигуна

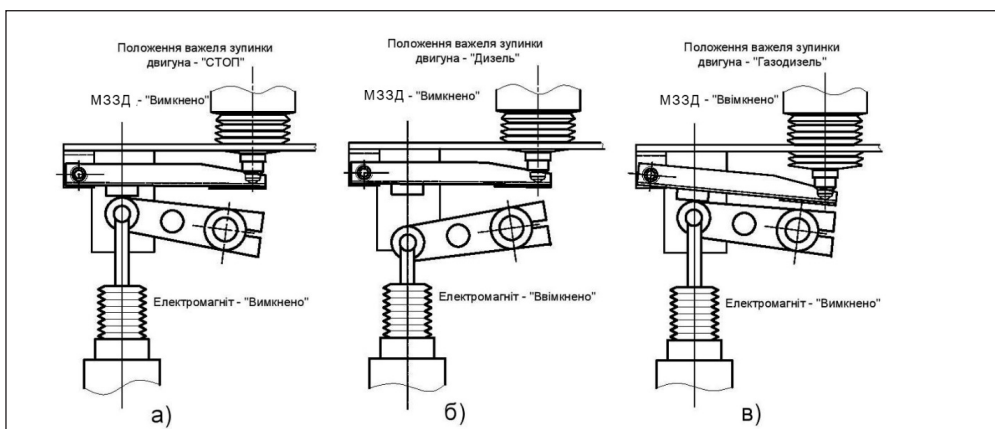


Рис. 6. Робочі положення МЗЗД

а) положення «СТОП»; б) положення «Дизель»; в) положення «Газодизель»

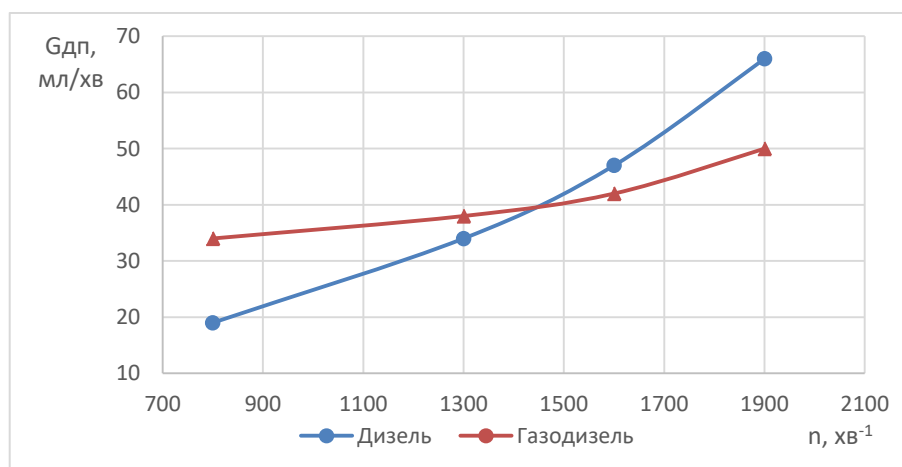


Рис. 7. Порівняння витрат ДП на холостому ходу двигуна (дизельний цикл) та запальної дози ДП в навантажувальних режимах (газодизельний цикл)

9 вгору до торкання з упорним гвинтом 8 МЗЗД. При цьому важіль зупинки двигуна 9 займає певне положення і обмежує циклову подачу ПНВТ до рівня запальної дози.

Зі зростанням швидкісного режиму роботи двигуна, рухома ланка 4 втягується і зрушує упорний гвинт 8 вгору, що призводить до додаткового переміщення рейки ПНВТ у бік зменшення подачі палива, тим самим, компенсуючи збільшення циклової подачі відповідно до швидкісної характеристики ПНВТ. Графік зміни циклової подачі ДП від частоти обертання КВ показано на рис. 7.

Як видно з рис. 7, залежність $G_{dp}=f(n)$ при роботі за газодизельним циклом скоригована МЗЗД. Така форма залежності $G_{dp}=f(n)$ сприяє покращенню динамічних властивостей автомобіля при переході від холостого ходу до 1450 хв^{-1} і забезпечує покращення паливно-економічних показників на робочих швидкісних режимах ($1500 \dots 1900 \text{ хв}^{-1}$).

Корегування подачі дизельного та газового палив здійснюється за допомогою таблиць інтерфейсу користувача (рис. 8).

За допомогою цих таблиць встановлюються: час відкриття форсунок (Тф), кут впорскування

газового палива – фаза впорскування ψ та запальна доза дизельного палива у залежності від частоти обертання КВ та тиску наддуву повітря.

Для перевірки дизеля Д245.7 розробленого МПСЖ на відповідність екологічним нормативам і стандартам на експериментальному автомобілі ГАЗ-3309 при роботі за дизельним та газодизельним циклами було здійснено вимірювання димності відпрацьованих газів згідно ДСТУ 4276-2004 [7]. Двигун Д 245.7 обладнано турбокомпресором, тому значення вимірювань необхідно порівнювати з нормами для автомобілів з наддувом. Димність дизелів транспортних засобів згідно ДСТУ 4276-2004 не повинна перевищувати значень, що наведені у таблиці 1.

Підключення димоміра МЕТА – 01МП для перевірки димності дизеля згідно ДСТУ 4276-2004 показано на рис. 9.

Результати вимірювань димності автомобіля ГАЗ-3309 з дизелем Д245.7 за роботи за дизельним та газодизельним циклами приведено в таблиці 2.

Крім того, здійснено перевірку динаміки експериментального автомобіля ГАЗ-3309 за роботи за дизельним та газодизельним циклами. Перевірка була здійснена без вантажу при розгоні

НАЛАШТУВАННЯ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

Файл Порт Вікно Мова Допомога

ПАРАМЕТРИ | Автоналаштування | Помилки | Додаткові налаштування | Системні налаштування

Всережнімий регулятор

Оберти ХХ: 700 | Кількість зубів маховика: 145 | Впорскування газу на ХХ: | Положення коректора МЗЗД: 10

Таблиця максимальних значень газу

	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400
0	12	12	12	14	14	15	16	16	1
0,2	12	14	14	14	14	14	14	14	1
0,4	11	14	15	14	14	15	15	15	1
0,6	12	14	15	15	15	15	15	15	1
0,8	12	14	15	16	16	16	16	16	1

Корегування кута впорскування газу

	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
0	40	25	25	20	15	10	4	2	2	2	2	2	2	2
0,2	40	25	25	20	15	10	4	4	3	2	2	2	2	2
0,4	40	35	35	30	22	15	8	4	3	2	2	2	2	2
0,6	40	35	35	30	22	15	8	4	3	2	2	2	2	2

Корегування подачі дизельного палива

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
0	2	2	64	100	110	105	100	95	90	85	82	82	82	82	82

Рис. 8. Таблиці інтерфейсу для корегування значень подачі дизельного та газового палив



Рис. 9. Перевірка димності ВГ автомобіля з дизелем, що працює за дизельним та газодизельним циклами

Таблиця 1

**Гранично допустимі значення
для автомобілі з дизелями та газодизелями**

Автомобілі	Гранично допустимий показник ослаблення світлового показника, $K_{доп}$, m^{-1}	Гранично допустимий коефіцієнт ослаблення світлового потоку, $N_{доп}$, %
Автомобілі з дизелями: без наддуву з наддувом	2,5 3,0	66 73
Автомобілі з газодизелями: без наддуву з наддувом	1,7 2,0	52 58

Таблиця 2

**Результати вимірювань димності автомобіля
ГАЗ-3309**

Цикл, за яким працює двигун	Показник ослаблення світлового показника, K , m^{-1}	Коефіцієнт ослаблення світлового потоку, $N_{доп}$, %
Дизельний	2,88	71
Газодизельний	0,22	9

автомобіля з місця до 60 км/год. При роботі за дизельним циклом автомобіль виконав розгін до 60 км/год за 18,5 с, а при роботі за газодизельним циклом – за 20 с.

Як видно з отриманих результатів, значення коефіцієнта ослаблення світлового потоку при роботі за дизельним циклом майже рівне гранично допустимому значенню, що свідчить про погіршення технічного стану штатної паливної системи. При роботі за дизельним циклом коефіцієнт ослаблення світлового потоку рівний 71%, а при роботі за газодизельним циклом 9%. Отримані результати коефіцієнта ослаблення світлового потоку при роботі за газодизельним циклом вказують на зменшення значення димності ВГ майже у 7 разів.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що робота дизелів за газодизельним циклом суттєво зменшує димність ВГ у порівнянні з роботою дизеля на традиційному паливі, що призводить до зменшення сумарної токсичності ВГ. Перевірка динаміки автомобіля за роботи його за газодизельним циклом показала близькі результати енергетичних показників автомобіля у порівнянні з роботою його двигуна за дизельним циклом.

Список літератури:

1. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В. та інші. Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник 2-ге вид., перероблене та доповнене. К.: Арістей, 2008. 296 с., с. 99.
2. Петренко В.Г. Поліпшення ефективних та екологічних показників автомобільних ДВЗ шляхом застосування трипаливної бензогазової технології: дис. канд. техн. наук. К.: НТУУ «КПІ», 2011. 238 с., с. 26.
3. Кухтик В.В. Уменьшение расхода жидкого топлива и дымности отработавших газов переоборудованием автомобильного дизеля в газодизель: дис. канд. техн. наук. К.: УТУ, 1997. 345 с., с. 189.
4. Bosch dual-fuel – future of diesel engines. // gazeo.com: [сайт]. [2014]. URL: <http://gazeo.com/automotive/technology/Bosch-Dual-Fuel-future-of-diesel-engines,article,7831.html>.
5. Solaris diesel dual fuel. // <http://fuelfusion.pl/>: [сайт]. URL: <http://www.solarisdiesel.eu/ru/solaris-diesel-dual-fuel-3/>.
6. Valtra dual fuel tractors – The natural choice <http://valtra.com/>: [сайт]. URL: www.valtra.com/dual-fuel.aspx.
7. Норми і методи вимірювання димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями: ДСТУ 4276:2004.
8. Компания «МЕТА». Измеритель дымности отработавших газов МЕТА–01МП. URL: http://www.meta-moscow.ru/ru/store/dymomery/meta-01mp-0-1-ltk.html#product_downloads

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПО ГАЗОДИЗЕЛЬНОМУ ЦИКЛУ

Одним из путей расширения топливной базы дизелей является использование в качестве моторного топлива сжатого природного газа. В КПИ им. Игоря Сикорского и Национальном транспортном университете создана газодизельная микропроцессорная система питания дизеля. Эта система при помощи механизма задавания запальной дозы обеспечивает заданное значение запальной дозы при работе дизеля по газодизельному циклу. На экспериментальном автомобиле с разработанной микропроцессорной системой питания проведено исследование дымности отработавших газов. Они показали значительное снижение дымности отработавших газов дизеля при работе по газодизельному циклу.

Ключевые слова: дизель, газодизель, сжатый природный газ, дымность, запальная доза, микропроцессорная система питания.

DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF A MICROPROCESSOR-BASED SYSTEM FOR DIESEL ENGINE OPERATING ON A DIESEL-GAS CYCLE

One way to expand the diesel fuel base is to use compressed natural gas as a motor fuel. By KPI named after Igor Sikorsky and National Transport University a diesel-gas microprocessor-based system was created. This system with help of the pilot dose setting mechanism provides value of the pilot dose when diesel engine operates on the diesel-gas cycle. On the experimental car with the developed microprocessor system the smokiness of the exhaust gases was studied. They have shown a significant reduction in the smokiness of diesel exhaust gases when working on a diesel-gas cycle.

Key words: *diesel engine, diesel-gas engine, compressed natural gas, smokiness of exhaust gases, pilot dose, diesel-gas microprocessor-based system.*

Колобов К.С.

ДП «Державний аототранспортний науково-дослідний і проектний інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМ ТА МЕХАНІЗМІВ ДИЗЕЛЯ НА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНІ, ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ТЕМПЕРАТУРУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

Визначення переліку параметрів, що дозволяють здійснювати комплексне діагностування двигунів, є однією з основних задач діагностування дизелів. Аналіз проведених досліджень показує, що як діагностичний параметр можна використати температуру відпрацьованих газів. Розроблення методу діагностування дизеля потребує досліджень, пов'язаних із визначенням зв'язків технічного стану дизеля з його температурою відпрацьованих газів. Результати експериментального дослідження підтвердили доцільність використання температури відпрацьованих газів як діагностичного параметра дизеля.

Ключові слова: дизель, діагностичний параметр, шкідливі речовини, температура, технічний стан.

Постановка проблеми. Діагностування та прогнозування остаточного ресурсу колісних транспортних засобів (далі – КТЗ) є однією з найважливіших умов підвищення ефективності, економічності та надійності їх використання. Ефективність експлуатації КТЗ значною мірою визначається технічним станом їхніх двигунів внутрішнього згоряння (далі – ДВЗ), для активного впливу на які необхідна об'єктивна інформація про них, що забезпечується технічним діагностуванням на базі різноманітних технічних засобів.

Враховуючи перспективу та масштаби застосування дизелів на автомобільному транспорті, вирішення питань, пов'язаних з їхнім діагностуванням, має велике практичне значення. Особливо важливе визначення технічного стану КТЗ із дизелями під час випуску їх на лінію. Тому визначення переліку параметрів, що дозволяють здійснювати комплексне діагностування двигунів, та вивчення їх взаємозв'язку з технічним станом вузлів і систем двигуна, а також розроблення способів і засобів діагностування є однією з основних задач діагностування дизелів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технічний стан двигунів внутрішнього згоряння можна описати комплексом вихідних і структурних параметрів деталей, вузлів та систем, у конкретних числових значеннях [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8]. Методи діагностування базуються на вимірюванні й аналізі тих параметрів, зміни яких найбільшою мірою характеризують стан двигуна.

Велику зацікавленість, з погляду можливості використання з діагностичними цілями, викликають такі параметри відпрацьованих газів (далі – ВГ), як склад, димність (колір) і температура. За хімічним складом, кольором і температурою ВГ можна визначити несправності, пов'язані з роботою механізмів та систем двигуна.

Для дизелів особливо велике значення має діагностування системи живлення паливом, оскільки частка паливної системи може становити до двох третин всіх несправностей дизельного двигуна [1; 2; 4; 9, с. 56–59].

З метою встановлення технічних можливостей для діагностування транспортних дизелів неодноразово проводилися дослідження впливу відмов і несправностей двигунів на різноманітні діагностичні показники [1; 2; 3; 4; 10; 11; 12; 13].

Так, у дисертаційній роботі О. Клімпуша [2], науково-дослідних роботах, проведених у ДП «Державний аототранспортний науково-дослідний і проектний інститут» [3; 4] та Київському автомобільно-дорожньому інституті (далі – КАДІ) [1], досліджується вплив відмов і несправностей дизелів на їхні енергетичні, екологічні показники та паливну економічність.

У дисертаційній роботі І. Попелиша [13] та в інших роботах [10] досліджується вплив порушень регулювань систем двигунів на теплове випромінювання системи випуску ВГ і пропонується метод безконтактного теплового діагностування ДВЗ.

За результатами цих робіт встановлено наявність впливу відмов і несправностей двигунів на

їхні енергетичні, екологічні показники та паливну економічність тощо, а також встановлено наявність зв'язків між цими відмовами і несправностями та діагностичними параметрами.

У роботах [1; 2; 3; 4] встановлено, що найбільше відмов і несправностей транспортних дизелів в умовах експлуатації припадає на систему живлення двигуна паливом, які можуть сягати 2/3 всіх несправностей. Також дослідження показали, що параметром, який найбільш повно відповідає вимогам до діагностичних параметрів і відображає всі основні несправності системи живлення дизеля, є температура відпрацьованих газів.

Вплив показників роботи двигуна на миттєві значення температурних імпульсів ВГ окремо за циліндрами дизеля досліджувався в Московському державному технічному університеті ім. М.Е. Баумана [12], де встановлено зв'язок амплітуди цих імпульсів із навантажувальними та швидкісними режимами роботи двигуна.

Дослідження можливості діагностування дизеля за температурою ВГ [12; 9, с. 56–59; 14, с. 52; 15, с. 147–149; 16, с. 10–12] показують, що можна діагностувати технічний стан двигуна за миттєвими значеннями температурних імпульсів ВГ окремо за циліндрами в разі застосування акустичного датчика температури.

Дослідження миттєвої температури ВГ дизеля, що проведено в Московському державному технічному університеті ім. М.Е. Баумана [12] з використанням тридротового термометра опору, підтверджують можливість діагностування ДВЗ окремо за циліндрами за температурними імпульсами ВГ у випускній системі.

У публікації Роберта Н. Хамбрита та Х.С. Бенсона (Південно-Західний науково-дослідний інститут, Сполучені Штати Америки) [11] також зазначено можливість діагностування ДВЗ за миттєвими значеннями температури ВГ. Автори доводять, що температурні імпульси ВГ зберігають свою форму та характер перебігу вздовж системи випуску, водночас послаблюються тільки амплітуда імпульсу та середнє значення температури ВГ.

Аналіз проведених раніше досліджень показує, що температура ВГ може бути використана як діагностичний параметр, насамперед для діагностування системи живлення паливом двигуна. Але розроблення методу діагностування дизеля за температурою ВГ та визначення режимів діагностування потребує додаткових досліджень, пов'язаних із визначенням зв'язків технічного стану дизеля з його показниками.

Постановка завдання. Шляхом проведення дослідних стендових випробувань дизеля необхідно

дослідити вплив найбільш характерних відмов та несправностей двигуна на його енергетичні й екологічні показники, та визначити їхні зв'язки з температурою ВГ для отримання даних, необхідних для розроблення методу діагностування дизелів за температурою ВГ.

Виклад основного матеріалу дослідження. Стендові моторні випробування проводилися в лабораторії дослідження використання палив та екології ДП «Державний аотранспортний науково-дослідний і проектний інститут» на чотирициліндровому атмосферному дизельному двигуні моделі OM 615 виробництва фірми “Mercedes-benz”.

Випробування двигуна на моторному стенді, визначення та розрахунок його показників здійснювалося відповідно до вимог Правил ЄЕК ООН № 24–02 і Правил ЄЕК ООН № 49–02. Під час випробування визначалися енергетичні показники (ефективна потужність N_e та ефективний крутний момент двигуна M_k) і екологічні показники (концентрації у відпрацьованих газах і питомі викиди монооксида вуглецю (CO), загальних вуглеводнів (HC), оксидів азоту (NO_x), твердих частинок (PT), а також димність $BG(N)$.

За попереднім аналізом літературних джерел було визначено, що більшість відмов дизеля припадає на систему живлення двигуна паливом, тому дослідження проводилося з імітуванням відмов саме цієї системи. Досліджувався вплив зміни (розрегулювання) статичного кута випередження впорскування палива та зміни тиску впорскування палива форсунками. Зазначені відмови дизеля створювалися штучно, шляхом внесення змін до їхнього регулювання.

Оцінювання впливу відмов на енергетичні, екологічні показники та температуру ВГ здійснювалося в режимах максимальної потужності, максимального крутного моменту та в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу двигуна. Загальна оцінка впливу відмов дизеля на його екологічні показники здійснювалася шляхом визначення питомих викидів шкідливих речовин під час випробування згідно із Правилами ЄЕК ООН № 49–02.

Аналіз результатів визначення впливу зміни кута випередження впорскування палива дизеля на енергетичні показники та температуру ВГ показує, що максимальний крутний момент $M_{кмакс}$ (рис. 1) та максимальна потужність N_e (рис. 3) дизеля зменшуються, а температура ВГ $T_{ВГ}$, навпаки, збільшується за відхилення кута випередження впорскування палива від штатного (оптимального) значення ($\theta = 18^\circ$ до ВМТ) як у бік збільшення, так і в бік зменшення. Концентрації оксиду вуглецю (CO) та

димність ВГ (N) за збільшення кута випередження впорскування палива порівняно з оптимальним значенням значно зростають як у режимі максимального крутного моменту (рис. 2), так і в режимі максимальної потужності (рис. 4), а за зменшення кута – явно збільшуються тільки в режимі максимальної потужності. Концентрації вуглеводнів (НС), навпаки, збільшуються тільки за зменшення кута випередження впорскування палива, до того ж як у режимі максимального крутного моменту, так і в режимі максимальної потужності. Концентрації оксидів азоту (NO_x) у ВГ мають незначне підвищення, якщо кут випередження впорскування палива наближений до оптимального значення.

У режимі холостого ходу (рис. 5) температура ВГ збільшується як за збільшення, так і за зменшення кута випередження впорскування палива.

Концентрації оксиду вуглецю (CO), вуглеводнів (НС) та димність ВГ (N) за збільшення кута випередження впорскування палива не змінюються, а за зменшення кута випередження впорскування палива значно збільшуються. Концентрації оксидів азоту (NO_x) у режимі холостого ходу мають майже лінійну залежність від кута випередження впорскування палива – значно збільшуються за збільшення кута і зменшуються за його зменшення.

Результати визначення впливу зміни тиску впорскування палива форсунками дизеля на енергетичні показники та температуру ВГ показують, що максимальний крутний момент $M_{кмакс}$ (рис. 6) та температура ВГ $T_{ВГ}$ знижуються за збільшення тиску впорскування щодо штатного налаштування ($P_{впр} = 11,5$ МПа), що може бути пояснено зменшенням порції палива, що впорскується форсункою

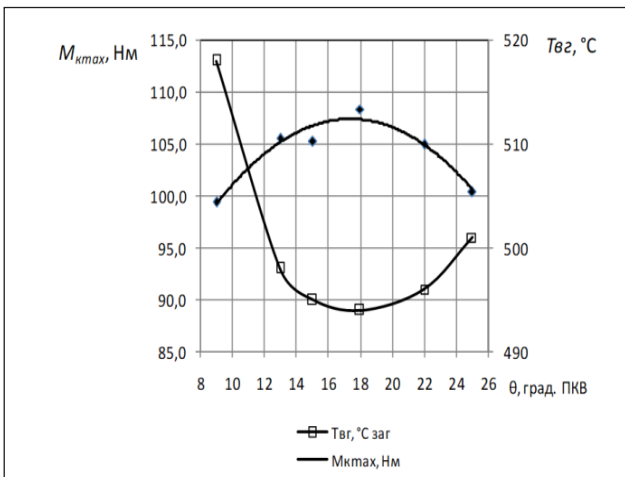


Рис. 1. Залежність максимального крутного моменту ($M_{кмакс}$) та температури ВГ ($T_{ВГ}$) дизеля від кута випередження впорскування палива

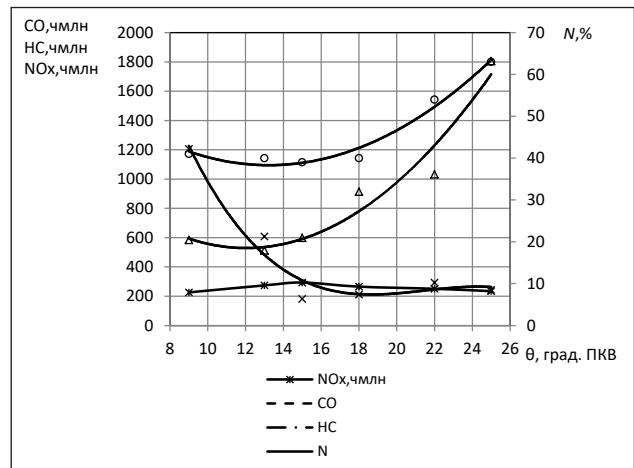


Рис. 2. Залежність викидів ШР дизеля в режимі $M_{кмакс}$ від кута випередження впорскування палива

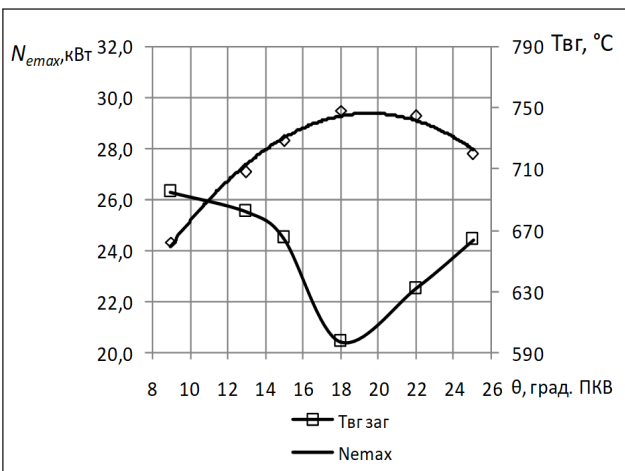


Рис. 3. Залежність максимальної потужності ($N_{емакс}$) та температури ВГ ($T_{ВГ}$) дизеля від кута випередження впорскування палива

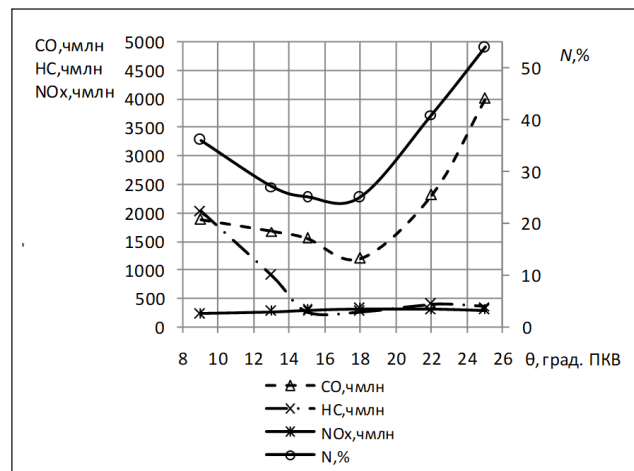


Рис. 4. Залежність викидів ШР дизеля в режимі $N_{емакс}$ від кута випередження впорскування палива

в камеру згоряння, та зменшенням кута випередження впорскування палива. За зменшення тиску впорскування крутний момент дещо зменшується, а температура ВГ, навпаки, збільшується, що пояснюється збільшенням порції палива, яку впорскує форсунка, і збільшенням кута випередження впорскування палива. Відповідним чином змінюються і концентрації оксиду вуглецю (CO) та димність ВГ (N) (рис. 7), а концентрації вуглеводнів (HC) та оксидів азоту (NO_x) водночас мають незначну зміну.

У режимі холостого ходу (рис. 8, 9) концентрації оксиду вуглецю CO , вуглеводнів HC , димність N і температура ВГ $T_{ВГ}$ збільшуються, а концентрації оксидів азоту NO_x , навпаки, зменшуються як за збільшення тиску впорскування, так і за його зниження, що можна пояснити змінами кута випередження впорскування палива.

Розрахунок обсягів питомих викидів шкідливих (забруднюючих) речовин (ШР) із ВГ дизеля було виконано відповідно до Правил ЄЕК ООН № 49–02.

Результати оцінювання впливу вищезазначених несправностей на відповідність дизеля нормованим значенням питомих викидів шкідливих речовин, зокрема й твердим частинкам, показують, що дизель найбільше відповідає нормативним значенням за штатних налаштувань кута випередження впорскування палива (табл. 1) та тиску впорскування палива (табл. 2). Збільшення кута випередження впорскування палива призводить до збільшення, передусім, питомих викидів оксиду вуглецю CO та оксидів азоту NO_x . У разі зменшення кута значно збільшуються питомі викиди оксиду вуглецю CO , вуглеводнів HC та твердих частинок PT , а питомі викиди оксидів азоту NO_x зменшуються.

Зміна тиску впорскування палива від штатного налаштування як у бік збільшення, так і в бік зменшення призводить до значного погіршення питомих викидів оксиду вуглецю CO , вуглеводнів HC і твердих частинок PT , а питомі викиди оксидів азоту NO_x майже не змінюються.

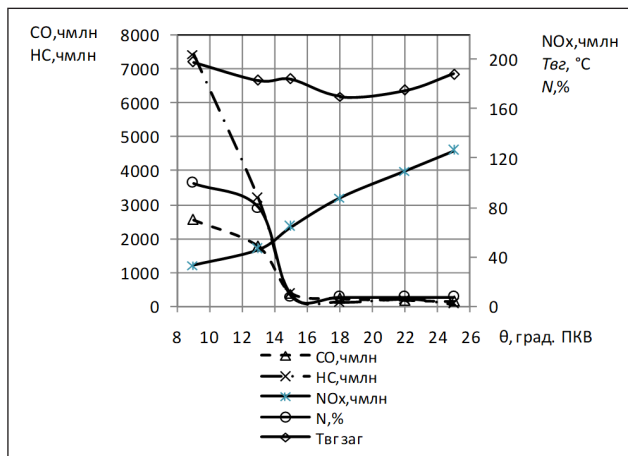


Рис. 5. Залежність викидів ШР і температури ВГ ($T_{ВГ}$) дизеля в режимі холостого ходу від кута випередження впорскування палива

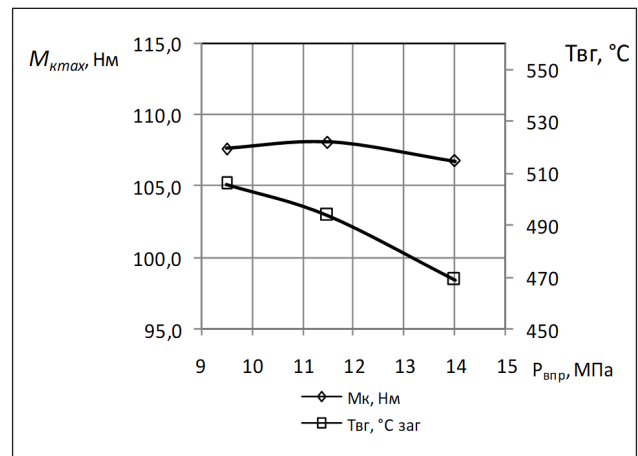


Рис. 6. Залежність максимального крутного моменту (M_{kmax}) та температури ВГ ($T_{ВГ}$) дизеля від тиску впорскування палива, $P_{впр}$, МПа

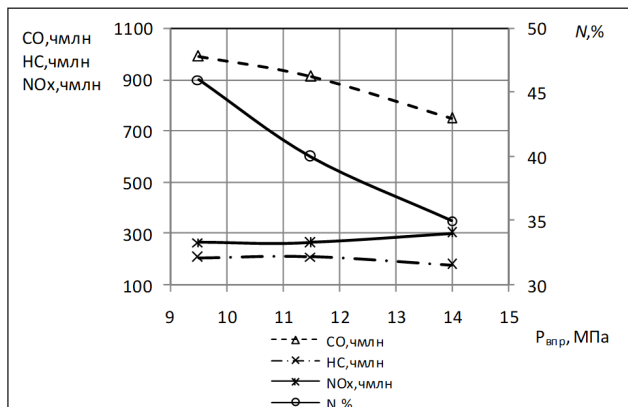


Рис. 7. Залежність викидів ШР дизеля в режимі M_{kmax} від тиску впорскування палива, $P_{впр}$, МПа

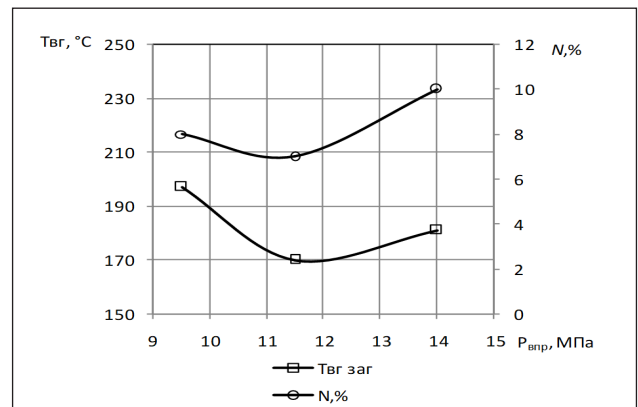


Рис. 8. Залежність димності (N) та температури ВГ ($T_{ВГ}$) дизеля в режимі холостого ходу від тиску впорскування палива, $P_{впр}$, МПа

Таблиця 1

Залежність питомих викидів ШР від кута випередження впорскування палива

$\theta, ^\circ$ ПКВ до ВМТ	NO _x , г/кВт·год	НС, г/кВт·год	СО, г/кВт·год	РТ, г/кВт·год
9	2,42	17,02	16,31	8,934
13	2,76	7,64	11,70	3,329
15	3,12	1,36	7,00	0,517
18	3,08	1,02	5,54	0,306
22	3,12	1,31	7,76	0,319
25	3,25	1,01	12,91	0,291
Нормативне значення, згідно із Правилами ЄЕК ООН № 49-02	8,0	1,1	4,5	0,36

Таблиця 2

Залежність питомих викидів ШР від тиску впорскування палива

Тиск впорскування палива, МПа	NO _x , г/кВт·год	НС, г/кВт·год	СО, г/кВт·год	РТ, г/кВт·год
9,5	2,74	1,37	6,42	0,510
11,5	3,08	1,02	5,54	0,306
14,0	3,08	1,39	5,35	0,587
Нормативне значення, згідно із Правилами ЄЕК ООН № 49-02	8,0	1,1	4,5	0,36

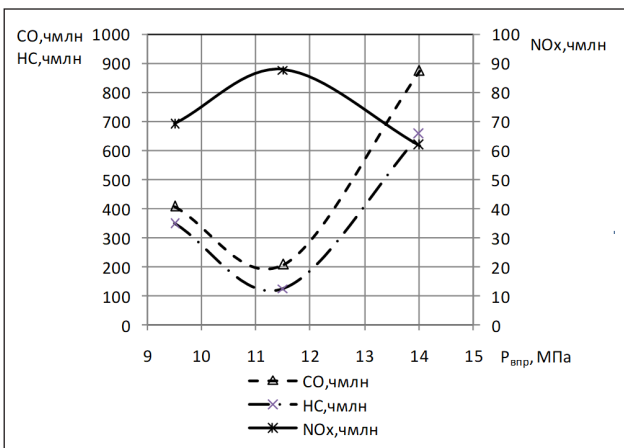


Рис. 9. Залежність викидів ШР дизеля в режимі холостого ходу від тиску впорскування палива, $P_{впр}$, МПа

Висновки. Експериментально було визначено вплив характерних несправностей системи живлення двигуна паливом на його енергетичні й екологічні показники, визначено їхній зв'язок із температурою ВГ. Оцінено вплив цих несправностей на відповідність дизеля нормованим значенням питомих викидів шкідливих речовин, зокрема й за твердими частинками, згідно зі стандартизованою процедурою Правил ЄЕК ООН № 49-02. Визначено, що відхилення налаштувань систем і механізмів системи живлення двигуна паливом від штатних призводить до значного підвищення питомих викидів дизелем шкідливих речовин. Отримані дані будуть прийняті до використання під час розроблення методу діагностування дизелів за температурою ВГ.

Список літератури:

1. Исследование диагностических симптомов и разработка аппаратуры для диагностики дизельных двигателей ЯМЗ-236, ЯМЗ-238: звіт про НДР (заключний) КАДІ; кер. Я. Несвітський. Київ, 1970. 107 с. № ДР 71011481.
2. Климуш О. Исследование и выбор диагностических параметров автомобильных дизелей семейства ЯМЗ: дисс. ... канд. техн. наук. Киев, 1973. 213 с.
3. Разработать и освоить методы и технические средства диагностирования автомобильных двигателей с целью снижения токсичности отработавших газов: звіт про НДР (заключний) ДержавтотрансНДІпроект; кер. О. Климуш. Київ, 1980. 65 с.
4. Исследование и оценка выходных параметров дизельных двигателей ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238, применяемых для диагностирования их технического состояния: звіт про НДР (заключний) ДержавтотрансНДІпроект; кер. Б. Левінсон. Київ, 1972. 61 с. № ДР 71070834.
5. Жерновий А., Колобов К. Вибір діагностичних параметрів для експрес-діагностування дизелів. Вісник Національного транспортного університету. 2012. № 25. С. 175–178.
6. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей: учебник для вузов / под ред. А. Орлина, М. Круглова. Москва, 1985. 456 с.
7. Автомобильные двигатели: учебник для вузов / под ред. В. Архангельского. Москва, 1967. 496 с.
8. Файнлейб Б. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справ. Ленингр. 1990. 352 с.
9. Жерновий А., Колобов К. Розробка та дослідження методу діагностування двигунів внутрішнього згорання. Автошляховик України. 2005. Окремий вип. С. 56–59.

10. Чигринец А. Бесконтактная тепловая диагностика транспортных машин. Киев: Вища школа, 1989. 168 с.
11. Hambright Robert. Diagnostics of diesel engines using exhaust smoke. SAE Prepr. 1976. № 760833. 8 p.
12. Исследование мгновенной температуры выпускных газов: отчет МВТУ им. Н.Э. Баумана; рук. М. Круглов. Москва, 1972. 168 с. № ГР 172000443.
13. Попельш И. Разработка метода термометрической диагностики ДВС: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10. Киев, 1993. 27 с.
14. Жерновий А., Колобов К. Розробка методу експрес-діагностування двигунів внутрішнього згоряння: наук.-практ. конф. Київ: НТУ, 2007. С. 52.
15. Жерновий А., Колобов К. Аналіз та вибір засобу діагностування двигунів внутрішнього згоряння. Автошляховик України. 2004. Окремий вип. С. 147–149.
16. Жерновий А., Колобов К. Вибір засобу експрес-діагностування дизелів. Автошляховик України. 2011. № 4. С. 10–12.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМ И МЕХАНИЗМОВ ДИЗЕЛЯ НА ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ТЕМПЕРАТУРУ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ

Определение перечня параметров, позволяющих осуществлять комплексное диагностирование двигателей, является одной из основных задач диагностирования дизелей. Анализ проведенных исследований показывает, что в качестве диагностического параметра может быть использована температура отработанных газов. Разработка метода диагностирования дизеля требует исследований, связанных с определением связей технического состояния дизеля с его температурой отработанных газов. Результаты экспериментального исследования подтвердили целесообразность использования температуры отработанных газов в качестве диагностического параметра дизеля.

Ключевые слова: дизель, диагностический параметр, вредные вещества, температура, техническое состояние.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MALFUNCTIONS OF SYSTEMS AND MECHANISMS OF DIESEL ON ITS ECOLOGICAL, ENERGY INDICES AND TEMPERATURE OF EXHAUST GASES

Determination of the list of parameters that allow for comprehensive diagnostics of engines, constitute one of the main tasks of diagnosing diesel engines. The analysis of the research shows that the temperature of the exhaust gases can be used as a diagnostic parameter. The development of the method for diagnosing diesel engines requires research related to the definition of the connections of the technical state of the diesel engine with its temperature of exhaust gases. The results of the experimental testing confirmed the expediency of using the temperature of the exhaust gases as a diagnostic parameter of the diesel engine.

Key words: diesel, diagnostic parameter, harmful substances, temperature, technical condition.

Лямзін А.О.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Ніколаєнко І.В.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЮ МЕРЕЖУ ПРОМИСЛОВОГО МІСТА

У статті досліджуються підходи до вирішення завдання короткострокового прогнозування транспортних потоків у міському середовищі. Як вихідні дані використовуються граф вулично-дорожньої мережі та дані про якісний і кількісний стан транспортних кластерів. Введено поняття «оклюзивність транспортного кластера» як основної характеристики транспортного потоку в середовищі вулично-дорожньої мережі. Короткострокова оцінка параметрів транспортного потоку виконується з урахуванням методу найменших квадратів.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа, промислове місто, транспортний потік, оклюзивність транспортного кластера, короткострокове прогнозування, метод найменших квадратів.

Постановка проблеми. Ефективне управління транспортними потоками в міському середовищі здійснюється через застосування комплексу інтегрованих рішень на основі високих технологій, інтелектуальних методів моделювання руху транспортних засобів, програмного забезпечення, оброблення інформації про транспортні процеси в реальному режимі часу [1]. Якість роботи транспортної системи промислового міста забезпечується своєчасною реакцією системи на зміну характеристик дорожнього руху. Отже, реалізація стратегії управління поточним станом транспортного потоку в середовищі вулично-дорожньої мережі (далі – ВДМ) завдяки використанню методів короткострокового прогнозу є актуальною задачею для міст із великим обсягом промислових вантажопотоків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задачі короткострокового прогнозування транспортних потоків приділено багато уваги в науково-практичних роботах. Детальні огляди і докладні класифікації можна знайти в оглядових публікаціях [2, с. 15; 3, с. 7; 4, с. 144]. На підставі результатів аналізу наукових робіт можна виділити низку базових підходів до вирішення завдання: регресійні моделі [5, с. 115; 6, с. 101]; моделі часових рядів [7; 8; 9; 10]; моделі нейронних мереж [11; 12; 13; 14, с. 67]; метод опорних векторів [15, с. 1023; 16, с. 16].

Незважаючи на великий обсяг наукових праць в області, що досліджується, сучасні методи вирішення є недостатньо повними і мають спектр недоліків, що не дозволяє використовувати їх безпосередньо в середовищі промислових зон сучасних міст. Дамо коротку характеристику методів.

По-перше, низка наукових робіт розкриває питання прогнозування параметрів транспортних потоків на лінійних і вузлових елементах вулично-дорожньої мережі за статистичними даними на обмеженому географічному просторі [17, с. 152; 18, с. 63]. Такий підхід недостатньо враховує інформацію про стан ВДМ загалом, що робить рішення малоефективним. Метод, заснований на сегментарній оцінці ефективності вулично-дорожньої мережі, ускладнює вирішення досліджуваної проблеми для транспортної системи промислових міст через складність обчислювальних і технологічних операцій, спрямованих на отримання підсумкового рішення.

По-друге, метод застосування датчиків руху (traffic detectors) як механізмів, що синтезують блок вхідної інформації. Основний принцип роботи датчиків заснований на отриманні візуальної інформації про особливості транспортних потоків на конкретному сегменті вулично-дорожньої мережі. Такий підхід до вирішення пов'язаний із необхідністю значних фінансових

витрат для збору і формування базису необхідної інформації.

Значним недоліком, на нашу думку, у наявних моделях і алгоритмах є просторово-часова надмірність даних в інформаційній базі. Пряме підтвердження припущення про просторово-часову надмірність відображено в роботі [19, с. 183], де зауважено, що обсяг базової інформації про просторовий розподіл транспортних потоків становить не більше 10% від обсягу загальних даних у ВДМ. Непрямим підтвердженням цього ж факту є використання обчислювальних механізмів розподілу транспортних потоків у статичних і динамічних мережах на підставі матриці кореспонденції істотно меншого розміру, ніж кількість лінійних і вузлових сегментів вулично-дорожньої мережі [20, с. 290; 21, с. 20].

Постановка завдання. Метою статті є розроблення методу короткострокового прогнозування параметрів транспортних потоків у межах вулично-дорожньої мережі з урахуванням особливостей промислового міста.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час натурних досліджень транспортних потоків у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових міст, окрім визначення обсягу руху на лінійних і вузлових елементах, враховані структурні особливості досліджуваного транспортного потоку, що характеризується шістьма категоріями транспортних засобів (табл. 1).

Таблиця 1

Структурне формування транспортного потоку міста

Типи транспортних засобів, що формують кластер	Відсоткове співвідношення	
	ранкова година пік (08.30÷09.30)	вечірня година пік (18.00÷19.00)
Легкові автомобілі	75,6	75,7
Вантажні автомобілі	14,3	16,5
Великовантажні автомобілі	4,2	6,1
Пасажирський транспорт	2,3	0,8
Муніципальний транспорт	3,5	0,8
Рекреаційний транспорт	0,1	0,1

Структура транспортних потоків вранці та ввечері має досить незначні відмінності, але варто зазначити, що ввечері частка вантажного і великовантажного транспорту на досліджуваних ділянках ВДМ збільшується.

Транспортний кластер – це базова структура транспортного потоку в межах ВДМ. Транспортні потоки промислових міст складаються з великої кількості транспортних кластерів із різними, досить часто суперечливими інтересами. У контексті міської логістики термін «транспортний кластер» треба розуміти як групу транспортних засобів, які мають близькі функціональні та цільові характеристики, і рухаються в заданому напрямку протягом деякого часу.

Вивчення якісних і кількісних показників транспортних кластерів у середовищі вулично-дорожньої мережі промислових міст дозволило висунути гіпотезу про окклюзивність їхньої природи як у часовій, так і в географічній площинах (рис. 1).

Є безліч визначень окклюзивності (occlusivity) для медицини, хімії, метрології, комп'ютерної графіки тощо. З погляду міської логістики, цікавими є праці, присвячені поняттю окклюзивності як одному з показників міської морфології [22, с. 67].

Відсутність робіт у цьому напрямі на транспорті стримує широке використання методів короткострокового прогнозування і, як наслідок, якісної оцінки транспортних потоків міст із різноманітними промисловими об'єктами, які, у свою чергу, впливають на функціонування вулично-дорожньої мережі.

Саме тому сформульовано поняття «окклюзивність транспортного кластера». Окклюзивність транспортного кластера визначається ступенем збігу завдань і цілей, що поставлені перед водіями транспортних засобів як у часовому, так і в географічному просторі.

Окклюзивність можна охарактеризувати показником щільності, а точка окклюзивності – це максимальний рівень концентрації одиниць рухомого складу в досліджуваному транспортному кластері (рис. 1).

Математична модель вулично-дорожньої мережі промислового міста може бути представлена графом Ейлера (рис. 2), дуги $w \in W$ якого відповідають лінійним елементам – дорогам, а вершини являють собою вузли-перехрестя доріг, що розподіляють транспортний потік.

Напрямок дуги визначає напрямок руху транспортного засобу на відповідній ділянці мережі, а параметр транспортного кластера на конкретній ділянці мережі визначається як функція $v: W \times T \rightarrow R$, яка в конкретний момент часу $t \in T$ для конкретної дуги $w \in W$ визначає його значення $v(w, t)$.

За параметри транспортного процесу в середовищі вулично-дорожньої мережі промислових міст приймаються: щільність транспортного потоку; транзитний потенціал міської транспортної мережі; ступінь екологічної безпеки транспортних потоків.

У подальшому викладі параметром транспортного кластеру буде називатися будь-яка із зазначених величин, а в експериментах, представлених на заключному етапі оцінювання, використовується середній час проходження транспортним засобом відповідного сегмента ВДМ.

Географічне розташування сегмента ВДМ $w \in W$ представлено двозначною функцією виду $\bar{x}^w(\tau) (\tau \in [0,1])$. Координати $(x_0^w(0), x_1^w(0))$ та $(x_0^w(1), x_1^w(1))$ визначають фізичне розташування точок початку і кінця лінійного або вузлового елемента вулично-дорожньої мережі, а геометричну позицію інших точок можна отримати, спроектували параметр в інтервалі $t \in (0,1)$

У середовищі промислового міста формуються стійкі маршрути руху транспортних кластерів, тобто є впорядкована послідовність вузлів і лінійних елементів графа Ейлера (рис. 2). Позначивши через Ω безліч умовних номерів маршрутів, величиною W_m надалі будемо позначати конкретний маршрут із номером $m \in \Omega$ у графі, тобто таку послідовність із Z_m ребер, що:

$$w_0^m, w_1^m, \dots, w_{Z_m-1}^m. \quad (1)$$

Вихідними даними для оцінок параметрів транспортних кластерів є поточна інформація про транспортні засоби. Ця інформація надходить із прив'язкою до конкретної просторово-часової координати рухомого складу і зводиться до єдиної бази статистичних вимірювань. Формально

вихідні дані можуть бути представлені як послідовність пар фізичних координат такого вигляду:

$$(p_0^i(t_j), p_1^i(t_j))_{\substack{m \in \Omega, \\ j \in N}} \quad (2)$$

де i – порядковий номер транспортного кластера, що досліджується в межах промислового міста; j – номер поточного прогнозу про стан транспортного кластера; t_j – період часу, у межах якого виконується дослідження; N – число сформованих прогнозів.

Додатково для маршрутних карт вважаються відомими один або два номери відповідних транспортних кластерів на досліджуваному маршруті, що позначаються далі $m_0(t), m_1(t)$. На практиці альтернативні маршрути транспортного кластера зазвичай розрізняються лише напрямком руху. Коли рух транспортного кластера виконується тільки в одному напрямку, для нього вважаємо відомим єдиний номер маршруту $m_1(t)$. Для кластерів, які розташовані на стоянках, що не введені до транспортної мережі міста (наприклад, дворові території і стоянки), номер маршруту вважається невизначеним або незадалим.

Суттєвим моментом у даних (2) є те, що вхідні дані про координати є недостовірними, що викликано похибками під час формування інформаційної бази даних. Тобто координати можна інтерпретувати у вигляді:

$$p_0^i(t_j) = P_0^i(t_j) + \delta_0, \quad (3)$$

$$p_{01}^i(t_j) = P_1^i(t_j) + \delta_1,$$

де пара $p_0^i(t_j) = P_0^i(t_j)$ визначає справжнє положення транспортного кластера; (δ_0, δ_1) – вектор спотворення інформації.

У зв'язку із цим практично для всіх вхідних даних (тобто пар i, j) таке твердження виявляється неправильним:

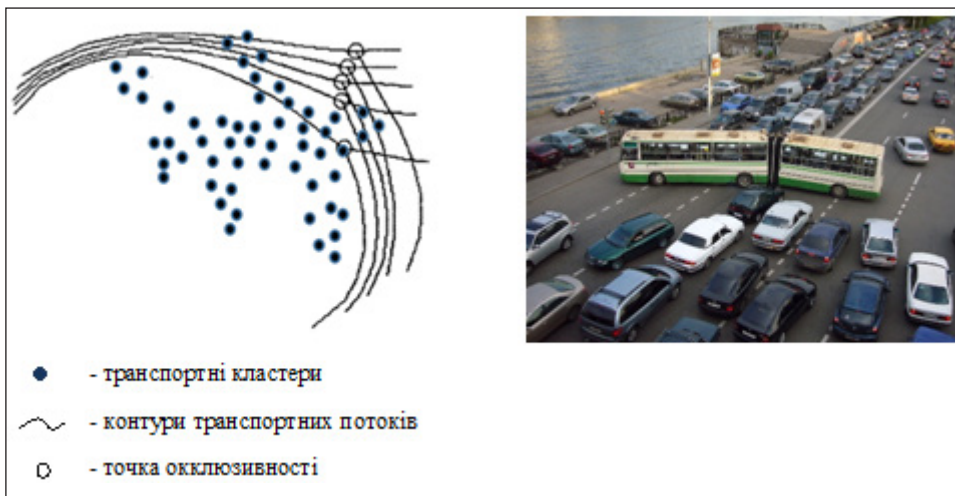


Рис. 1. Географічні контури кластерів

$$\exists_{w,\tau}: (p_0^i(t_j), p_1^i(t_j)) = (x_0^w(\tau), x_1^w(\tau)). \quad (4)$$

У деяких випадках, коли співвідношення (3) все ж таки виявляється правильним, реальне розташування транспортного кластера може не збігатися з отриманим. Тобто така імплікація може бути неправильною:

$$\begin{aligned} (p_0^i(t_j), p_1^i(t_j)) &= (x_0^w(\tau), x_1^w(\tau)) \wedge \\ (P_0^i(t_j), P_1^i(t_j)) &= \\ &= (x_0^{\tilde{w}}(\tilde{\tau}), x_1^{\tilde{w}}(\tilde{\tau})) \Rightarrow w = \tilde{w} \wedge \tau = \tilde{\tau} \end{aligned} \quad (5)$$

Зазначені недоліки даних в інформаційній системі спричиняють необхідність додаткового оброблення даних для отримання більш точних оцінок реального місця розташування транспортного кластера, що досліджується в умовах ВМД.

З огляду на введені позначення, формальна постановка задачі отримання короткострокового прогнозу для транспортного кластера в середовищі промислових районів міста зроблена так. Маючи заданий граф ВМД із безліччю ребер $\{W_m\}_{m \in \Omega}$ і безліччю маршрутів та актуальні данні (з урахуванням ретроспективних досліджень) про положення транспортного кластера у вигляді (2), спрогнозувати транспортний потік $v(w,t)$ для всіх $w \in W$ у $t = t^* + n\Delta$ ($n = \overline{1, N}$).

У наведеному формулюванні N – число сформованих прогнозів, розташованих регулярно із часовим інтервалом Δ , величина t^* – поточний момент часу. У такому разі прогнозний горизонт визначається величиною $N\Delta$, яка для короткострокового прогнозу має порядок однієї години.

Отже, розроблення методу короткострокового прогнозування параметрів транспортних потоків для ВМД промислового міста полягає:

- у визначенні математичної залежності, яка задає вид перетворення вищезазначених даних (2) на значення прогнозних величин;
- у визначенні алгоритму ідентифікації параметрів зазначеної вище математичної залежності (2) за даними реальних спостережень.

Необхідним попереднім етапом запропонованого методу є перетворення виду вихідних даних для зручного оброблення. Мета такого перетворення – перехід від набору даних (1, 2), що побічно характеризують параметри транспортного кластера в мережі в конкретні моменти минулого, до власне значень параметрів транспортного кластера в поточні моменти часу:

$$v(w, t), w \in W, t = t^* - n\Delta (n = 0, 1, \dots) \quad (6)$$

Найбільш прийнятним математичним механізмом для короткострокового прогнозу транспорт-

них кластерів, які формують транспортний потік промислового міста, є алгоритм малопараметричного подання положення транспортних кластерів у різні моменти часу. Він заснований на визначенні положення точок окклюзивності транспортних кластерів, які формують транспортний потік міста.

Для визначення параметрів транспортних кластерів пропонується три методи.

У першому разі застосовується класичний метод, шляхом мінімізації суми квадратів відхилень, що задаються співвідношеннями:

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - x_j]^2 = \min, \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - x_j]^2 = \min,$$

де f – кількість різнорідних транспортних кластерів, що формують транспортний потік промислового міста; x та y – координати точок скупчення транспортних кластерів, які конфліктують у просторі вулично-дорожньої мережі.

Другий метод ґрунтується на мінімізації як суми вже зазначених відхилень, так і суми квадратів швидкостей руху «окклюзивних» точок транспортних кластерів:

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - [x_j]^2 + p \sum_{j=1}^f \left[\left. \frac{dx(t)}{dt} \right|_{t=t_j} \right]^2 = \min \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - [x_j]^2 + p \sum_{j=1}^f \left[\left. \frac{dx(t)}{dt} \right|_{t=t_j} \right]^2 = \min$$

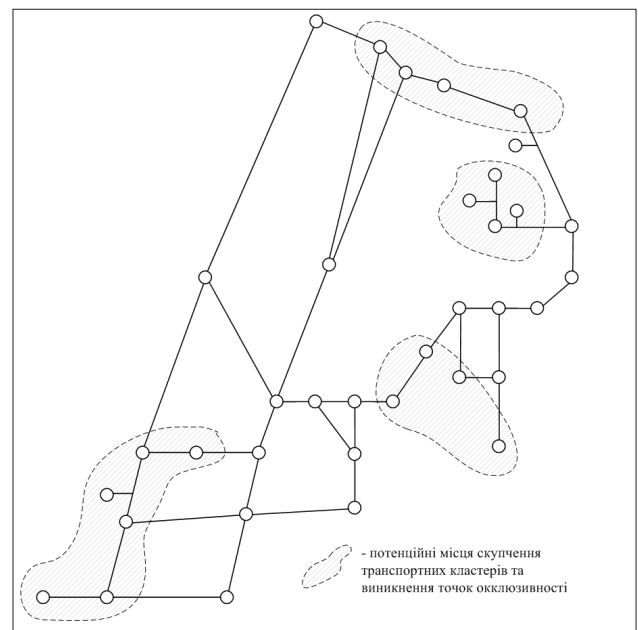


Рис. 2. Приклад графа Ейлера для вулично-дорожньої мережі промислового міста

де p – коефіцієнт транзитного потенціалу міської транспортної мережі [16, с. 15].

Другий підхід заснований на реалізації методу найменших квадратів у класі апроксимаційних поліномів заданого ступеня.

Третій варіант – це методика, що заснована на двох підходах:

– мінімізації як суми квадратів відхилення координат апроксимаційного полінома від табличних даних;

– суми квадратів значень кривизни траєкторії руху «окклюзивних» точок з урахуванням її параметричного значення:

$$\sum_{j=1}^f [x(t_j) - x_j]^2 + \sum_{j=1}^f [y(t_j) - y_j]^2 + p \sum_{j=1}^f [K(t_j)]^2 = \min, \quad (9)$$

де $K(t_j)$ – кривизна контуру транспортного кластера в середовищі ВДМ.

$$K(t_j) = \frac{\left[\frac{dx(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \cdot \frac{d^2y(t)}{dt^2} \Big|_{t=t_j} - \frac{dy(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2} \Big|_{t=t_j} \right]}{\left[\left(\frac{dx(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \right)^2 + \left(\frac{dy(t)}{dt} \Big|_{t=t_j} \right)^2 \right]^{3/2}}. \quad (10)$$

На завершальному етапі визначення коефіцієнтів апроксимаційних поліномів зводиться до вирішення системи нелінійних рівнянь.

Висновки. У роботі виконано аналіз просторово-часової структури транспортних потоків промислових міст і запропонована характеристика «окклюзивність транспортного кластера» для оцінки впливу на вулично-дорожню мережу в короткостроковій перспективі. Оцінка параметрів транспортних потоків промислового міста реалізована трьома способами за допомогою методу найменших квадратів. Подальша реалізація цього підходу може бути використана для моделювання нейронної мережі для управління міською транспортною системою.

Список літератури:

1. Vlahogianni E., Karlaftis M., Golias J. Short-term traffic forecasting: Where we are and where we're going. *Collection of Transport Studies*. 2014. Vol. 43. Part 1. P. 3–19.
2. Bolshinsky E., Freidman R. Traffic Flow Forecast Survey. Technical Report Israel Institute of Technology. 2012. P. 15.
3. Faouzi N. Data fusion in intelligent transportation systems: Progress and challenges. A survey, *Information Fusion*. 2011. Vol. 12. Issue 1. P. 4–10.
4. Sun H., Liu H., Xiao H., He R., Ran B. Short term traffic forecasting using the local linear regression model. *Journal of Transportation Research Board*. 2003. Vol. 1836. P. 143–150.
5. Oswald R., Scherer T., Smith B. Traffic flow forecasting using approximate nearest, neighbor nonparametric regression. The National ITS Implementation Research Center U.S. DOT University Transportation Center. 2001. P. 115.
6. Box G., Jenkins G., Reinsel G. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Irish Transport Research Network. 2008. P. 184.
7. Mai T., Ghosh B., Wilson S. Short-term traffic flow forecasting using dynamic linear models. Irish Transport Research Network. 2011. P. 79.
8. Stathopoulos A., Karlaftis M. A multivariate state space approach for urban traffic flow modeling and prediction. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2003. Vol. 11. Issue 2. P. 121–135.
9. Lin S., Huang H., Zhu D., Wang T. The application of space-time ARIMA model on traffic flow forecasting. *Machine Learning and Cybernetics*. 2009. Vol. 6. P. 48–53.
10. Min W., Wynter L. Real-time road traffic prediction with spatiotemporal correlations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2011. Issue 4. P. 606–616.
11. Zheng W., Lee D., Shi Q. Short-term freeway traffic flow prediction: bayesian combined neural network approach. *Journal of Transportation Engineering*. 2006. Vol. 132. P. 114–121.
12. Zhang X., He G. Forecasting Approach for Short-term Traffic Flow based on Principal Component Analysis and Combined Neural. Network Systems Engineering: Theory & Practice. 2007. Vol. 27 (8). P. 167–171.
13. Guorong G., Yanping L. Traffic Flow Forecasting based on PCA and Wavelet Neural Network. *Information Science and Management Engineering (ISME)*. 2010. Vol. 1. P. 158–161.
14. Lyamzin A., Nikolaienko I. City transport system ecological state forecasting with the use of neural networks. *Proceedings of the National Aviation University*. 2017. № 3 (72). P. 65–70.
15. Jin X., Jin, Zhang Y., Yao D. Simultaneously Prediction of Network Traffic Flow Based on PCA-SVR. *Lecture Notes in Computer Science*. 2007. Vol. 92. P. 22–31.
16. Лямзин А., Украинский Е., Украинская Т. Механизм оценки транзитного потенциала узлов транспортной сети промышленного района. *Topical Problems of Modern Science: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*. Warsaw, Poland, 18 November. 2017. Vol. № 1. P. 12–17.
17. Губенко В., Лямзин А., Хара М., Романенко Е. Эффективность маршрутной сети промышленных районов в условиях городской логистики. *Transport problems 2013: V International Scientific Conference*. Katowice, Poland. 24–28 June 2013. Katowice: The Silesian University of Technology, 2013. № 1. P. 150–156.

18. Lakhina A., Papagiannaki K., Crovella M., Diot C., Kolaczyk E., Taft N. Structural analysis of network traffic flows. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review. 2004. Vol. 32. P. 61–72.
19. Hall R. Handbook of transportation science. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2003. P. 73.
20. Hoogendoorn S., Bovy P. State-of-the-art of vehicular traffic flow modeling. Journal of Systems and Control Engineering. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. 2001. Vol. 215 (4). P. 283–303.
21. Papagiannaki K. A Summary of Vehicle Detections and Surveillance Technologies used in Intelligent Transportations Systems. The Vehicle Detector Clearinghouse. 2007. P. 85.
22. Edussuriya A., Chan A., Malvin A. Urban morphology and air quality in dense residential environments: correlations between morphological parameters and air pollution at street-level. Journal of Engineering Science and Technology. 2014. Vol. 9. P. 64–80.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНУЮ СЕТЬ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

В статье исследуются подходы к решению задачи краткосрочного прогнозирования транспортных потоков в городской среде. В качестве исходных данных используются граф улично-дорожной сети, а также данные о качественном и количественном состоянии транспортных кластеров. Введено понятие «окклюзивность транспортного кластера» как основной характеристики транспортного потока в среде улично-дорожной сети. Краткосрочная оценка параметров транспортного потока выполняется на основе метода наименьших квадратов.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, промышленный город, транспортный поток, окклюзивность транспортного кластера, краткосрочное прогнозирование, метод наименьших квадратов.

FORECASTING IMPACT OF TRANSPORT FLOWS ON THE INDUSTRIAL CITY ROAD NETWORK

The purpose of this work is to develop of short-term forecasting method of traffic flow parameters within a road network taking into account an industrial city specific. The structural characteristics of industrial cities transport flows have been analysed in morning and evening peak traffic periods. Analyse of qualitative and quantitative indicators of transport clusters in the environment of the industrial cities road network has allowed to propose a hypothesis about occlusivity of transport clusters, both in the time and geographic location. The occlusivity can be characterized by the transport flow density indicator, and the occlusivity point is the maximum rolling stock units concentration level in the transport cluster that is investigated. The mathematical model of the road network of an industrial city is based on Euler's graph. There is an ordered sequence of nodes and linear elements of Euler's graph. And this graph describes the sustainable routes of traffic clusters in the road network. The most acceptable mathematical approach for the short-term forecast of transport clusters that form the traffic flow of an industrial city is the low-parametric representation of the transport clusters position at different times. This approach is based on the definition of the occlusivity point position of the transport clusters. The parameter estimation of an industrial city transport flows is realized in three ways by means of the least square method. The proposed mathematical relation specifies the transport cluster parameters transformation at specific points in the past into parameter values at current time points. Further implementation of this approach can be used to model the neural network for urban transport system managing.

Key words: road network, industrial city, traffic flow, occlusivity of transport cluster, short-term forecasting, least square method.

Помазков М.В.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

МНОЖЕСТВЕННЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ТРУДОЗАТРАТ НА РЕМОНТ ОТ ОТКАЗОВ В РАБОТЕ СИСТЕМ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ-7540

В статье выполнен анализ теории и практики работы промышленной транспортной системы утилизации шлаков и шламов, а также анализ известных методов ресурсосбережения транспортных средств в период перевозки шлаков и шламов при аварийном выходе из строя автосамосвалов. Разработаны регрессионные модели расчета зависимости трудозатрат на ремонт от отказов в работе, позволяющие дать количественную оценку зависимости в работе систем управления большегрузных автосамосвалов.

Ключевые слова: система ремонта и технического обслуживания, заявочный ремонт, равномерно распределенный ресурс самосвала, уравнение линейной регрессии, состояние напряженности.

Постановка проблемы. В системе ремонта и технического обслуживания автосамосвалов БелАЗ-7540, используемых на технологических перевозках, значительное место занимают внеплановые заходы в гараж для устранения неотложных неисправностей (заявочные ремонты). Заявочные ремонты выполняются вне плановой системы ремонтов и текущего содержания, на их выполнение отвлекаются трудовые и финансовые ресурсы, увеличивается холостой пробег автомобиля и его простой в ремонте, что негативно сказывается на эффективности использования автопарка в целом [1, с. 9–14].

Техническое обслуживание и ремонт автосамосвалов представляют собой определенную систему профилактических и других воздействий на узлы и элементы конструкции с целью обеспечения их работоспособности и назначенного ресурса (или срока службы). Эксплуатация самосвалов как восстанавливаемых объектов сопровождается двумя потоками событий – потоком отказов элементов и узлов и потоком восстановления их работоспособности. При этом интенсивность потока восстановления работоспособности должна быть не менее интенсивности (параметра) потока отказов. То есть система восстановления и обеспечения их работоспособности должна иметь определенный резерв.

Сущность планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта карьерных автомобилей состоит в выполнении установлен-

ных видов технического обслуживания и ремонта в соответствии со структурой цикла. При каждом виде технического обслуживания и планового ремонта выполняются работы, установленные нормативами и перечнем операций. Работы, не предусмотренные перечнем операций, учитываются соответствующим увеличением трудоемкости всего процесса.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ научных работ и публикаций в сфере систем технического обслуживания и ремонта карьерных самосвалов в условиях промышленных предприятий горно-металлургического комплекса позволил сделать ряд обобщений и определений, необходимых для получения новых научных и практических решений [2, с. 203–204; 3, с. 229–233]. С этой целью вводится понятие обобщенной характеристики состояния напряженности самосвала в маршруте – как относительной способности и потенциальных возможностей выполнять функции в маршруте в пределах допускаемых отклонений по ресурсу.

Ресурс самосвала – есть функция его обобщенной характеристики – способности и потенциальных возможностях функционировать в условиях промышленной среды – $R = F(E_x)$.

Обобщенная характеристика E_x служебных свойств самосвала может расчленяться на части, каждая из которых будет выражать обобщенную характеристику служебных свойств узлов (табл. 1.2–1.4).

В тоже время для самосвалов, как и для других технических средств, важно различать две составляющие обобщенной характеристики.

Одной группой являются конструктивные элементы, другой – неконструктивные. Конструктивные – это узлы, входящие в состав самосвала, его материальные элементы.

Неконструктивные – это неотделяемые элементы, обеспечивающие необходимую связь или нормальное функционирование самосвала (смазка, окраска, сборка, регулировка), которые реализуются через зафиксированную трудоемкость этих процессов и наличие которых делает самосвал пригодным к работе.

Анализ работ [6; 7–10] и позволяет сформулировать важную гипотезу: обоснование организационно-технологических решений ресурсосбережения заключается в разработке такого графика выхода самосвалов на линию, когда достигается равномерное использование ресурса парка с вкладом взаимосвязанных факторов оптимальной долговечности и необходимых подгруппировок к операциям ТО и Р.

Постановка задачи. Наибольшие потери ресурсов приходятся на рабочие процессы в период перевозки шлаков и шламов при аварийном выходе из строя автосамосвалов, необходимости вывода его из маршрута и выполнения аварийных ремонтов [1, с. 26].

Ресурсные возможности автосамосвалов, их узлов, участвующих в процессах, зависят от разнообразия, сложности и напряженности маршрута, технологический процесс которого включает погрузку, оформление документов и выезд с грузом, движение к месту выгрузки, выгрузка, движение к месту погрузки, заезд в гараж, устранение неисправностей и движение к месту погрузки, ожидание разрешения въезда на отвалы и карьеры предприятий ГМК, выезд с грузом и маневры по постановке машин у экскаватора.

Существует еще один не реализованный в полной мере принцип, развивающий технологию использования транспортного средства по новому назначению. Этот принцип основывается на равномерном распределенном ресурсе парка однотипных транспортных средств, принадлежащих промышленному предприятию и используемых в маршрутах разной напряженности, а также оптимизация системы ТО и ТР в условиях промышленных предприятий горно-металлургического комплекса.

Изложение основного материала исследования. По данным матрицы X рассмотрим оценку линейной регрессионной зависимости:

$$\hat{x}_{1,2345} = b_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5, \quad (1)$$

результативного признака X_1 от факторов $X_2; X_3; X_4; X_5$.

Пронормировав случайные величины X_j

$$t_j = \frac{x_j - \bar{x}_j}{s_j}, \quad (2)$$

где $j = \overline{1,5}$, получим уравнение регрессии в стандартизованном масштабе

$$\hat{t}_{1,2345} = \beta_2t_2 + \beta_3t_3 + \beta_4t_4 + \beta_5t_5, \quad (3)$$

где
$$\beta_j = b_j \frac{s_j}{s_1} \quad j = \overline{2,5}, \quad (4)$$

$$b_j = \beta_j \frac{s_1}{s_j} \quad j = \overline{2,5}, \quad (5)$$

а

$$b_1 = \bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2 - b_3\bar{x}_3 - b_4\bar{x}_4 - b_5\bar{x}_5, \quad (6)$$

Вначале составим корреляционную матрицу:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,56 & 0,48 & 0,58 & 0,25 \\ 0,56 & 1 & 0,46 & 0,14 & 0,10 \\ 0,48 & 0,46 & 1 & 0,15 & 0,04 \\ 0,58 & 0,14 & 0,15 & 1 & 0,30 \\ 0,25 & 0,10 & 0,04 & 0,30 & 1 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

Для коэффициентов корреляции r_{ij} , $j = \overline{2,5}$ определим наблюдаемые значения критерия:

$$|t_{набл.}| = \frac{r_{ij}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{ij}^2}}, \quad (8)$$

$$\begin{array}{ccccc} r_{ij} & 0,56 & 0,48 & 0,58 & 0,25 \\ |t_{набл.}| & 3,50 & 2,82 & 3,87 & 1,39 \end{array}$$

Табличное значение t – критерия Стьюдента на уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $n - 2 = 30 - 2 = 28$ оказалось равным 2,05. Следовательно, коэффициенты корреляции $r_{12} = 0,56$; $r_{13} = 0,48$; $r_{14} = 0,58$ значимы на уровне $\alpha = 0,05$. Коэффициент корреляции $r_{15} = 0,25$ значим на уровне 0,20.

Уравнение регрессии в стандартизованном масштабе получено в виде:

$$\hat{t}_{1,2345} = 0,41t_2 + 0,25t_3 + 0,52t_4 + 0,07t_5, \quad (9)$$

или в виде:

$$\frac{\hat{x}_{1,2345} - \bar{x}_1}{s_1} = 0,41 \frac{x_2 - \bar{x}_2}{s_2} + 0,25 \frac{x_3 - \bar{x}_3}{s_3} + 0,52 \frac{x_4 - \bar{x}_4}{s_4} + 0,07 \frac{x_5 - \bar{x}_5}{s_5}, \quad (10)$$

А уравнение регрессии в натуральном масштабе имеет вид:

$$\hat{x}_{1,2345} = 33,11 + 6,28x_2 + 4,32x_3 + 12,31x_4 + 1,74x_5, \quad (11)$$

Коэффициент множественной детерминации:

$$R_{1,2345}^2 = \beta_2r_{12} + \beta_3r_{13} + \beta_4r_{14} + \beta_5r_{15}, \quad (12)$$

оказался равным $R_{1,2345}^2 = 0,67$. Это значит, что 67% колеблемости результативного признака (трудозатраты на ремонт) объясняется за счет вариации линейной комбинации отказов в работе систем электрооборудования, шиномонтажа, пневмосистем и гидросистем, при данных значениях коэффициентов регрессии $\beta_j, j = \overline{2;5}$.

Величина $(1 - R_{1,2345}^2) = 1 - 0,67 = 0,33$ определяет «необъясненную» долю колеблемости результативного признака, связанную с вариацией неучтенных факторов. Отметим, что вклад каждого учтенного фактора $X_j, j = \overline{2;5}$ в общую колеблемость признака X_1 определяется в виде произведения $\beta_j r_{1j}$, выраженного в процентах.

Из предлагаемой таблицы

X_j	X_2	X_3	X_4	X_5
β_j	0,41	0,25	0,52	0,07
r_{1j}	0,56	0,48	0,58	0,25
$\beta_j r_{1j}$	0,23	0,12	0,30	0,02

следует, что 23% колеблемости трудозатрат на ремонт связано с вариацией отказов в работе систем электрооборудования;

12% – с вариацией отказов в работе систем шиномонтажа;

30% – с вариацией отказов в работе пневмосистем;

2% – с вариацией отказов в работе гидросистем.

Коэффициент множественной корреляции $R_{1,2345} = 0,82$. Его скорректированное значение определяется по формуле

$$\hat{R}_{1,2345} = \sqrt{1 - (1 - R_{1,2345}^2) \frac{n-1}{n-k-1}}, \quad (13)$$

и равно

$$\hat{R}_{1,2345} = \sqrt{1 - (1 - 0,82^2) \frac{30-1}{30-4-1}} \approx 0,79$$

Определим теперь

$$F_{набл.} = \frac{\hat{R}_{1,2345}^2 \cdot (n-k-1)}{(1 - \hat{R}_{1,2345}^2) \cdot k} = \frac{0,79^2 \cdot (30-4-1)}{(1-0,79^2) \cdot 4} = 6,36$$

и найдем по таблицам при $\alpha = 0,05$ значение

$$F_{кр.} = F(\alpha; k_1; k_2) = F(0,05; 4; 25) = 2,76$$

Так как $F_{набл.} > F_{кр.}$, гипотеза об отсутствии корреляционной связи между признаком X_1 и факторами $X_2; X_3; X_4; X_5$ отвергается, а множественный коэффициент корреляции признается существенным.

Рассмотрим теперь роль коэффициентов в стандартизованном уравнении регрессии (10).

Пусть $x_2 = \bar{x}_2 + s_2, x_3 = \bar{x}_3; x_4 = \bar{x}_4; x_5 = \bar{x}_5$. Тогда из уравнения (10) следует, что

$$\hat{x}_1 = \bar{x}_1 + \beta_2 \cdot S_1 = \bar{x}_1 + 0,41 \cdot 25,57 = \bar{x}_1 + 10,48,$$

т.е. при увеличении среднего числа отказов в работе систем электрооборудования на величину $s_2 = 1,67$ среднее значение трудозатрат на ремонт возрастает на 10,48 при условии, что значения остальных факторов будут зафиксированы на средних уровнях.

Аналогично, при увеличении среднего значения отказов в работе систем шиномонтажа на величину $s_3 = 1,48$ среднее значение трудозатрат на ремонт увеличивается на $\beta_3 \cdot s_1 = 0,25 \cdot 25,57 = 6,40$ при условии, что $x_2 = \bar{x}_2; x_4 = \bar{x}_4; x_5 = \bar{x}_5$. При увеличении среднего значения отказов в работе пневмосистем на величину $s_4 = 1,08$ среднее значение трудозатрат увеличивается на $\beta_4 \cdot s_1 = 0,52 \cdot 25,57 = 13,30$ при условии, что $x_2 = \bar{x}_2; x_3 = \bar{x}_3; x_5 = \bar{x}_5$. Наконец, при увеличении среднего значения фактора X_5 на величину $s_5 = 0,91$ среднее значение признака X_1 увеличится на $\beta_5 \cdot s_1 = 0,07 \cdot 25,57 = 1,79$ при условии, что $x_2 = \bar{x}_2; x_3 = \bar{x}_3; x_4 = \bar{x}_4$.

Таким образом, величина j -го стандартизованного коэффициента показывает, что среднее значение признака X_1 изменяется на величину β_j своего среднеквадратического отклонения s_j при изменении фактора X_j на одно свое среднеквадратическое отклонение при фиксированных на средних уровнях значениях остальных факторов.

Кроме того, так как все величины выражены в сравнимых единицах, β_j показывает сравнительную силу влияния изменения каждого фактора на зависимую переменную.

Рассмотрим теперь линейное уравнение (11) множественной регрессии и выясним роль коэффициентов $b_j, j = \overline{2;5}$ в этом уравнении.

В уравнении (11) значение фактора X_2 увеличим на $\Delta x_2 = 1$, а значения остальных факторов оставим без изменения. Тогда получим:

$$\hat{x}_1 = \hat{x}_1(x_2 + \Delta x_2; x_3; x_4; x_5) = 33,11 + 6,28(x_2 + \Delta x_2) + 4,32x_3 + 12,31x_4 + 1,74x_5, \quad (14)$$

и

$$\hat{x}_1 = \hat{x}_1(x_2; x_3; x_4; x_5) = 33,11 + 6,28x_2 + 4,32x_3 + 12,31x_4 + 1,74x_5 \quad (15)$$

Откуда будем иметь: $\Delta_{x_2} \hat{x}_1 = 6,28 \cdot \Delta x_2$, или $\Delta_{x_2} \hat{x}_1 = 6,28$ при $\Delta x_2 = 1$. Это значит, что с увеличением отказов в работе систем электрооборудования на единицу затраты на ремонт возрастают на 6,28 при условии, что остальные факторы остаются неизменными.

Аналогично можно показать, что с увеличением отказов в работе систем шиномонтажа на единицу затраты на ремонт возрастут на 4,32; с увеличением отказов в работе пневмосистем на

единицу затраты на ремонт возрастут на 12,31, а с увеличением отказов в работе гидросистем на единицу затраты на ремонт возрастут на 1,74 при условии, что все остальные соответствующие факторы в каждом из рассмотренных случаев остаются неизменными.

Таким образом, коэффициенты $b_j, j = \overline{2;5}$ линейного уравнения (11) множественной регрессии показывают, на сколько единиц в натуральном масштабе изменяется результативный признак X_1 с изменением фактора X_j на единицу масштаба при закрепленных значениях остальных факторов на определенных уровнях.

Отметим, что при анализе уравнения регрессии (11) вместо коэффициентов b_j удобнее использовать частные коэффициенты эластичности:

$$\mathcal{E}_j = b_j \frac{\bar{x}_j}{\bar{x}_1}, \quad j = \overline{2;5}, \quad (16)$$

Они показывают, на сколько процентов в среднем изменяется результативный признак X_1 с изменением фактора $X_j, j = \overline{2;5}$ на один процент при фиксированных значениях остальных факторов.

В рассматриваемой задаче значения частных коэффициентов эластичности оказались равными 0,27, 0,12, 0,28 и 0,02 соответственно. Отметим также, что данные расчетов по уравнению (11) множественной линейной регрессии в целом согласуются с результатами наблюдений со средней ошибкой аппроксимации, равной примерно 10%.

Так при фактических отказах в работе систем электрооборудования ($x_2 = 4, 6$), систем шиномонтажа ($x_3 = 1, 6$), пневмосистем ($x_4 = 2, 3$) и гидросистем ($x_5 = 2, 0$) и затратах на ремонт ($x_1 = 100, 0$) расчетное значение затрат на ремонт оказалось равным $\hat{x}_1 = 93,8$, что дает примерно шестипроцентную относительную погрешность.

Прежде всего, по данным матрицы X составим корреляционную матрицу

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0,71 & 0,47 & 0,54 & 0,05 \\ 0,71 & 1 & 0,46 & 0,14 & 0,10 \\ 0,47 & 0,46 & 1 & 0,15 & 0,04 \\ 0,54 & 0,14 & 0,15 & 1 & 0,30 \\ 0,05 & 0,10 & 0,04 & 0,30 & 1 \end{bmatrix}, \quad (17)$$

Проверим значимость коэффициентов корреляции $r_{12} = 0,71; r_{14} = 0,54$; и $r_{15} = 0,05$. Наблюдаемые значения t -критерия оказались равными 5,46, 2,94 3,38 и 0,26 соответственно, а критическое значение t -критерия на уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $n - 2 = 30 - 2 = 28$ равно 2,05. Следовательно, парные линейные корреляционные зависимости между временем простоя в ремонте и каждым из факторов: отказы в работе систем электрооборудования, отказы в работе

систем шиномонтажа и отказы в работе пневмосистем являются довольно значительными и значимыми. А корреляция между временем простоя в ремонте и отказами в работе гидросистем практически отсутствует: коэффициент корреляции $r_{15} = 0,05$ крайне мал и незначим. В связи с этим включать фактор X_5 в уравнение множественной регрессии не рекомендуется.

Определим теперь частные коэффициенты корреляции:

$$r_{12 \cdot 34} = \frac{-R_{12}}{\sqrt{R_{11} \cdot R_{22}}} = \frac{0,4153}{\sqrt{0,7656 \cdot 0,5450}} = 0,64$$

$$r_{13 \cdot 24} = \frac{-R_{13}}{\sqrt{R_{11} \cdot R_{33}}} = \frac{0,1028}{\sqrt{0,7656 \cdot 0,2920}} = 0,22$$

$$r_{14 \cdot 23} = \frac{-R_{14}}{\sqrt{R_{11} \cdot R_{44}}} = \frac{0,3350}{\sqrt{0,7656 \cdot 0,3704}} = 0,63$$

Отметим, что выборочным частным коэффициентом корреляции между переменными X_j и X_m при фиксированных значениях остальных $(k - 2)$ переменных называется величина

$$r_{jm \cdot 12 \dots p} = \frac{-R_{jm}}{\sqrt{R_{jj} \cdot R_{mm}}}, \quad (18)$$

Где R_{jm}, R_{jj} и R_{mm} – алгебраические дополнения элементов $r_{jm}; r_{jj}; r_{mm}$ матрицы R выборочных коэффициентов корреляции.

Наблюдаемые значения t -критерия для частных коэффициентов корреляции $r_{12 \cdot 34} = 0,64; r_{13 \cdot 24} = 0,22; r_{14 \cdot 23} = 0,63$ оказались равны 4,41, 4,19 и 4,22.

Критическое значение t -критерия на уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $n - k + 2 = 30 - 4 + 2 = 28$ равно 2,05.

Таким образом, частные коэффициенты корреляции между временем простоя в ремонте и отказами в работе систем электрооборудования и между временем простоя в ремонте и отказами в работе пневмосистем значительны по величине и значимы. А частный коэффициент корреляции между временем простоя в ремонте и отказами в работе системы шиномонтажа мал по величине и значим только на уровне $\alpha = 0,25$.

Таким образом, уравнение множественной линейной регрессии в стандартизованном масштабе можно представить в виде

$$\hat{t}_{1 \cdot 234} = \beta_2 t_2 + \beta_3 t_3 + \beta_4 t_4, \quad (19)$$

Выборочные оценки коэффициентов уравнения (3) определены методом наименьших квадратов. В результате получены уравнение (4)

$$\hat{t}_{1 \cdot 234} = 0,59t_2 + 0,13t_3 + 0,44t_4, \quad (20)$$

и уравнение (5)

$$\frac{\hat{x}_{1 \cdot 234} - \bar{x}_1}{s_1} = \beta_2 \frac{x_2 - \bar{x}_2}{s_2} + \beta_3 \frac{x_3 - \bar{x}_3}{s_3} + \beta_4 \frac{x_4 - \bar{x}_4}{s_4}$$

или

$$\frac{\hat{x}_{1,234} - 73,46}{16,84} = 0,59 \frac{x_2 - 4,84}{1,67} + 0,13 \frac{x_3 - 3,22}{1,48} + 0,44 \frac{x_4 - 2,51}{1,08} \quad (21)$$

Тогда уравнение множественной регрессии в натуральном масштабе может быть представлено в виде:

$$\hat{x}_{1,234} = b_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4, \quad (22)$$

В рассматриваемой задаче уравнение (6) получено в виде

$$\hat{x}_{1,234} = 22,68 + 5,95x_2 + 1,48x_3 + 6,86x_4, \quad (23)$$

где

$$b_j = \beta_j \frac{s_1}{s_j}, \quad j = \overline{2;4},$$

$$b_1 = \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2 - b_3 \bar{x}_3 - b_4 \bar{x}_4, \quad (24)$$

Коэффициент множественной детерминации:

$$R_{1,234}^2 = \beta_2 r_{12} + \beta_3 r_{13} + \beta_4 r_{14} =$$

$$= 0,59 \cdot 0,71 + 0,13 \cdot 0,47 + 0,44 \cdot 0,56 =$$

$$= 0,42 + 0,06 + 0,24 = 0,72$$

Следовательно, 72% колеблемости времени простоя в ремонте объясняется вариацией линейной комбинации отказов в работе систем электрооборудования, шиномонтажа и пневмосистем, при данных значениях коэффициентов β_j , $j = \overline{2;4}$. При этом 42% колеблемости времени простоя в ремонте связано с вариацией отказов в работе систем электрооборудования, 6% с вариацией отказов в работе систем шиномонтажа и 30% – с вариацией отказов в работе пневмосистем.

Коэффициент множественной корреляции $R_{1,234}$ оказался равным 0,85. Его скорректированное значение равно:

$$R_{1,234}^2 = \beta_2 r_{12} + \beta_3 r_{13} + \beta_4 r_{14} =$$

$$= 0,59 \cdot 0,71 + 0,13 \cdot 0,47 + 0,44 \cdot 0,56 =$$

$$= 0,42 + 0,06 + 0,24 = 0,72$$

По F – критерию проверим адекватность уравнения множественной регрессии результатам наблюдений и значимость коэффициента множественной корреляции.

Находим вначале:

$$\hat{R}_{1,234} = \sqrt{1 - (1 - R_{1,234}^2) \frac{n-1}{n-k-1}} =$$

$$= \sqrt{1 - (1 - 0,85^2) \cdot \frac{30-1}{30-3-1}} = 0,83$$

Табличное значение F – критерия, определенное на уровне значимости $\alpha = 0,05$ при $k_1 = 3$ и $k_2 = 30 - 3 - 1 = 26$ степенях свободы равно $F_{0,05;3;26} = 2,96$.

Так как $F_{табл.} > F_{табл.}$, то уравнение регрессии адекватно, а коэффициент множественной корреляции значим.

Следовательно, зависимая переменная X_1 (время простоя в ремонте) достаточно хорошо описывается включенными в регрессионную модель факторами X_2 (отказы в работе систем электрооборудования), X_3 (отказы в работе систем шиномонтажа) и X_4 (отказы в работе пневмосистем).

Из уравнения (5) следует, что если среднее значение отказов в работе систем электрооборудования $\bar{x}_2 = 4,84$ увеличится на $s_2 = 1,67$, при $x_3 = \bar{x}_3$ и $x_4 = \bar{x}_4$, то среднее время простоя в ремонте $\bar{x}_1 = 73,47$ увеличится на $\beta_2 \cdot s_1 = 0,59 \cdot 16,84 = 9,94$. При увеличении среднего значения отказов в работе систем шиномонтажа $\bar{x}_3 = 3,22$ на $s_3 = 1,48$ при $x_2 = \bar{x}_2$, $x_4 = \bar{x}_4$, среднее время простоя в ремонте возрастет на $\beta_3 \cdot s_1 = 0,13 \cdot 16,84 = 2,19$.

А при увеличении среднего значения отказов в работе пневмосистем $\bar{x}_4 = 2,51$ на $s_4 = 1,08$ при $x_2 = \bar{x}_2$; $x_3 = \bar{x}_3$, среднее время простоя в ремонте возрастет на $\beta_4 \cdot s_1 = 0,44 \cdot 16,84 = 7,41$.

Рассмотрим теперь уравнение (7) множественной регрессии в натуральном масштабе. Если в этом уравнении отказы в работе систем электрооборудования увеличить на единицу, а переменные x_3 и x_4 оставить без изменений, то время простоя в ремонте увеличится на 5,95. При увеличении отказов в работе систем шиномонтажа на единицу и неизменных значениях переменных x_2 и x_4 , время простоя в ремонте увеличится на 1,48. Наконец, при увеличении отказов в работе пневмосистем на единицу и неизменных значениях переменных x_2 и x_3 , время простоя в ремонте увеличится на 6,86.

Частные коэффициенты эластичности

$$\mathcal{E}_j = b_j \frac{\bar{x}_j}{\bar{x}_1}, \quad j = \overline{2;4}, \quad (25)$$

по данным рассматриваемой задачи оказались равны 0,39, 0,06, 0,23. Они показывают, на сколько процентов изменится время простоя в ремонте с изменением фактора X_j , $j = \overline{2;4}$ на один процент при фиксированных значениях остальных факторов.

Наконец, отметим, что результаты расчетов по уравнению (26) множественной линейной регрессии вполне удовлетворительно согласуются с результатами наблюдений со средней ошибкой аппроксимации, равной примерно 6%.

Так, например, при фактических значениях факторов $x_2 = 8,0$; $x_3 = 6,0$; $x_4 = 2,3$ и результативного признака $x_1 = 92,0$ расчетное значение результативного признака по уравнению регрессии (7)

оказалось равным $\hat{x}_1 = 94,9$, что даст примерно трехпроцентную относительную погрешность.

Разработанные регрессионные модели расчета позволяют дать количественную оценку зависимости трудозатрат на ремонт от отказов в работе систем большегрузных автосамосвалов и могут использоваться для разработки оптимальной системы технического обслуживания автотранспорта в условиях промышленных предприятий.

Выводы. Эксплуатация автосамосвалов БелАЗ-7540 на металлургическом предприятии весьма специфичны и значительно отличаются от условий эксплуатации предписанных заводом-изготовителем.

Круглосуточная работа с грузом, имеющим весьма разнообразные физико-механические свойства (влажность до 30%, температура до 300°C и выше, плотность 1,0 до 3,2 т/м³ и др.). Эксплуатация на различных по своим характеристикам (длине, продольным и поперечным уклонам, радиусам кривых в плане и профиле, состоянию покрытия проезжей части), маршрутам, высокие динамические нагрузки при погрузке груза в автосамосвалы приводят к быстрому ухудшению технического состояния и поломкам автомобилей на линии.

Анализ регрессионных и корреляционных показателей даёт основания считать, что в сложных и тяжёлых условиях эксплуатации большегрузных автосамосвалов показатели изменения коэффициента использования машин, вводимых в работу, характеризуется тремя этапами. На первом этапе (1–1,5 года) происходит значительное снижение коэффициента использования машин; на втором (2,5–3 года) коэффициент использования стабилизируется, на третьем (1–1,5 года) он вновь снижается до уровня, когда эксплуатировать машину становится технически нецелесообразно и экономически невыгодно.

Кроме того, установлено, что в среднем за год происходит снижение коэффициента использования парка машин на 10–12%. Особенно ощутимо это снижение после 5–6 лет эксплуатации, когда оно может достигать 35–40% за год.

Вышеизложенное показывает, что работоспособность автосамосвалов БелАЗ-7540 в значительной мере определяется системой технического обслуживания. При ограниченных сроках службы машины (5–6 лет) и экономической нецелесообразности их ремонта продление работоспособности автосамосвалов, при их использовании на технологических перевозках, в значительной мере определяется системой технического обслуживания.

Список литературы:

1. Губенко В.К., Лямзин А.А., Помазков М.В. Логистика ресурсосберегающей технологии работы автосамосвалов в горно-металлургическом комплексе. Мариуполь, 2012. 222 с.
2. Помазков М.В. Анализ показателей эксплуатации автомобилей БелАЗ на технологических перевозках металлургических заводов. XII региональная научно-техническая конференция «Университет городу» посвященная 75-летию ун-та: материалы 12 научн.-техн. конференции. (Мариуполь, 25–27 апреля 2005 г). Мариуполь, 2005. С. 203–204.
3. Баранов В.В. Принятие эффективных решений в системах автомобильного транспорта Логістика промислових регіонів: матеріали 3-ї міжн. наук.-практ. конф. (Донецьк, 6–9 апреля, 2011 г.). Донецк, 2011. С. 229–233.
4. Глебов А.В. Определение предельных сроков эксплуатации карьерных самосвалов: метод. указ. Екатеринбург, 2007. 72 с.
5. Парунакян В.Э., Помазков М.В. Принципы совершенствования системы управления техническим содержанием большегрузных автосамосвалов на технологических перевозках металлургических комбинатов. Вісник Приазовського державного технічного університету. 2005. Вип.15. Ч. 1. С. 186–190.
6. Губенко В.К., Помазков М.В. Ресурсосберегающая технология маршрутизации автосамосвалов на металлургическом предприятии. Вісник Приазовського державного технічного університету 2010. Вип. 20. С. 198–203.
7. Андрианов Ю.В. Региональная система поддержания работоспособности автомобилей. Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей. 1990. № 4. С. 3.
8. Аулін В.В. Особливості організації та складання графіків вантажних перевезень кар'єрними автосамоскидами. Логістика промислових регіонів: матеріали 3-ї міжн. наук.-практ. конф. (Донецьк, 6–9 апреля, 2011 г.). Донецк, 2011. С. 319–323.
9. Помазков М.В. Маршрутизация и ресурс большегрузных автосамосвалов БелАЗ в условиях металлургического предприятия. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. 2010. Вип. 10 (152). С. 141–145.
10. Пурцхванидзе А.К. Повышение эффективности использования автомобилей путем разработки стратегии текущего ремонта в условиях автотранспортного предприятия: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.12. Москва, 1992. 190 с.

**МНОЖИННИЙ РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ТРУДОВИТРАТ
НА РЕМОНТ ВІД ВІДМОВ У РОБОТІ СИСТЕМ АВТОСАМОСКИДІВ БЕЛАЗ-7540**

У статті виконано аналіз теорії і практики роботи промислової транспортної системи утилізації шлаків і шламів, а також аналіз відомих методів ресурсозбереження транспортних засобів у період перевезення шлаків і шламів при аварійному виході з ладу автосамоскидів. Розроблені регресійні моделі розрахунку залежно від трудовитрат на ремонт від відмов у роботі дають змогу дати кількісну оцінку залежності в роботі систем управління великовантажних автосамоскидів.

Ключові слова: система ремонту і технічного обслуговування, заявочний ремонт, рівнорозподілений ресурс самоскида, рівняння лінійної регресії, стан напруженості.

**MULTIPLE REGRESSIONAL ANALYSIS OF DEPENDENCE OF EXPOSURE
ON REPAIR FROM FAILURE IN THE WORK OF SYSTEMS OF DUMP TRUCKS BELAZ-7540**

The article analyzes the theory and practice of the industrial transport system for utilization of slags and sludges, as well as the analysis of known methods of resource saving of vehicles during the transportation of slags and sludges in the event of an emergency failure of dump trucks. Regression models have been developed for calculating the labor costs for repairs from failures in operation, which allow quantifying the dependence in the operation of control systems for heavy-duty dump trucks.

Key words: system of maintenance and repair, repair on request, equidistant dump truck resource, linear regression equation, state of tensions.

УДК 656.135.2

Помазков М.В.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Украинская Т.А.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПОДХОД В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОПЕРЕВОЗОК ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассмотрены вопросы обеспечения эффективности транспортных систем автоперевозок промышленных предприятий за счет технических и технологических мероприятий. Исследования показывают, что напряженные условия эксплуатации автомобилей-самосвалов приводят к выходу подвижного состава из строя, в связи с чем предлагается совершенствование системы технического обслуживания и текущего ремонта. Основным механизмом управления системой технического обслуживания и текущего ремонта является интеллектуальная система, направленная на обеспечение ресурсосбережения при организации транспортного обслуживания промышленного предприятия.

Ключевые слова: ресурсосбережение, эффективность транспортной системы, система технического обслуживания и ремонта, интеллектуальная транспортная система, режим эксплуатации.

Постановка проблемы. В настоящее время во многих странах мира возрастают требования к повышению безопасности и эффективности транспортного обслуживания промышленных предприятий, воздействию транспорта на окружающую среду, энергоэффективности и ресурсосбережению на транспорте. Связано это с прямым воздействием эффективности функционирования транспортных комплексов на экономику каждого государства. Особую актуальность эти проблемы имеют для непрерывных технологических процессов на предприятиях горно-металлургического комплекса.

Одним из наиболее значимых и эффективных направлений оптимизации затрат является внедрение ресурсосберегающих технологий, которое сопровождается экономией топливно-энергетических, финансовых ресурсов и трудозатрат, а также снижением материалоемкости. Особое место среди механизмов решения проблем энергоэффективности и ресурсосбережения занимает эффективно-функционирующая система обслуживания автотранспорта в организации и управлении транспортной системой промышленного предприятия.

Анализ последних исследований и публикаций. В области ресурсосбережения и оценки

качества эксплуатации автоподвижного состава известны работы Г.В. Крамаренко, Е.С. Кузнецова, В.И. Карагодина, В.П. Сахно, Л.Н. Давидович, Н.Я. Говорущенко, Л.Л. Афанасьева, Ф.Н. Авдонькина, Г.М. Напольского, И.Н. Аринина, И.А. Луйка, А.М. Шейнина, В.Г. Шинкаренко и многих других авторов. В этих работах для оценки ресурса эксплуатации самосвалов используются поправочные коэффициенты, которые учитывают изменения условий эксплуатации и организации маршрутных процессов.

Большегрузные автомобили самосвалы используются для горячих перевозок шлака и шлама металлургическими предприятиями и в системе горно-металлургического комплекса (ГМК). Объем их использования растет. Только в Донецкой области используется 16,8% самосвалов из общего количества в Украине. Поэтому работы, посвященные ресурсосбережению в системе транспортного обслуживания грузопотоков вторичного сырья в условиях ГМК, таких исследователей, как И.В. Зырянов, К.Ю. Анистратов, А.А. Кулишов, В.А. Галкин, В.Л. Яковлев, М.Г. Потапов, В.К. Доля, А.В. Куница, А.П. Кравченко составляют основу планирования работ большегрузных самосвалов.

Совершенствование существующих программ эксплуатации, создание на базе имеющихся технологий перспективных транспортных систем основывается на базовых закономерностях надежности, ремонтпригодности и долговечности, и осуществлено в работах Д.Р. Кокса, В.Л. Смита, Б.В. Гнеденко, Е.Ю. Барзиловича, Ю.К. Беляева, Г.Д. Каштанова, Г.Д. Карташова, А.А. Замотина, И.А. Ушакова. Результаты работ этих авторов позволяют широко использовать современные статистические методы и методы оптимизации для снижения эксплуатационных затрат и повышения эксплуатационной надежности транспортной техники.

Логистические закономерности транспортных процессов и систем получили развитие в работах Г.Ф. Бабушкина, М.Ю. Григорак, Л.А. Губачевской, В.К. Губенко, В.К. Доли, И.П. Энглези, Е.В. Крикавского, Г.И. Нечаева, В.Э. Парунакяна, В.П. Полищука.

Развитие теории транспортного процесса, совершенствование техники, технологии и организации производства создают благоприятные условия для успешной работы автомобильного транспорта.

Практический опыт предприятий ГМК в области ресурсосбережения при перевозке шлаков и шламов железнодорожным и автомобильным транспортом позволяет в достаточной степени эффективно управлять ресурсами.

При этом следует заметить, что интуитивный опыт без надлежащего теоретического обоснования приводит в отдельных случаях к использованию так называемого скрытого резерва – увеличения ресурсных запасов.

Необходимость значительного повышения эффективности управления автомобильным транспортом в новых условиях, когда принятие решений традиционными методами в ограниченное время становится сложным, привело к интенсивному развитию теории управления транспортными процессами автомобильных перевозок, а также к широкому внедрению вычислительной техники и интеллектуальных технологий.

Постановка задачи. Одним из наиболее распространенных типов автомобилей, эксплуатируемых в условиях предприятий ГМК, являются большегрузные автосамосвалы.

Организация работы автосамосвалов строится в соответствии с интегрированными интересами логистической системы промышленного материального потока, согласованного взаимодействия с ритмом всех цехов и подразделений, с работой в тяжелых условиях окружающей среды [1, с. 21].

Напряженные условия эксплуатации самосвалов на маршрутной сети металлургических предприятий (и частично городской улично-дорожной сети) приводят к быстрой потере ими служебных свойств, что требует больших затрат ресурсов на техническое обслуживание (далее – ТО) и текущий ремонт (далее – ТР).

ТО и ТР должны обеспечить безотказную работу автомобилей в пределах установленной периодичности воздействий, включенных в обязательный перечень операций, что обеспечит необходимый уровень эффективности функционирования транспортно-логистической системы в целом, в связи с чем основной задачей статьи определена разработка интеллектуальных методов обслуживания автомобильного транспорта с целью ресурсосбережения и обеспечения эффективности управления в системе автоперевозок промышленного предприятия.

Изложение основного материала исследования. Потоки шлаков и шламов обеспечиваются единой транспортной системой промышленного предприятия, включающей железнодорожный, автомобильный, гидравлический и конвейерный транспорт.

Подсистемы автоперевозок шлака $\{S_{A1}\}$ и шлама $\{S_{A2}\}$ работают в единой транспортной системе утилизации $\{\{S_{A1}\}, \{S_{A2}\}\} \in \{S_T\}$ и их согласованность приводит к потерям ресурса.

Логистическую цепь утилизации шлаков и шламов составляют производственные подразделения, железнодорожный, автомобильный, гидротранспорт, а сам материальный поток формируется производственным процессом, объемом выпуска основной продукции, от которой зависят объемы шлаков и шламов. Поэтому материальный поток характеризуется функцией интенсивности:

$$P(t) = \frac{dS(t)}{dt}, \quad (1)$$

где $P(t)$ – функция интенсивности материального потока;

$S(t)$ – функция, описывающая изменение величины потока.

Наличие шлаков и шламов отражает результат изменения интенсивности и накопления материального потока:

$$S(t) = \int_{t_1}^{t_2} P(t) \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} [P_{\text{вх}}(t) - P_{\text{вых}}(t)] \cdot dt, \quad (2)$$

где $P_{\text{вх}}(t)$ – функция интенсивности входного материального потока;

$P_{\text{вых}}(t)$ – функция интенсивности выходного материального потока.

Переходные процессы – $\{P\}$ и передаточные функции транспортных систем – $\{\Phi(p)\}$ являются исходными факторами анализа рассогласованности (ΔP) материальных потоков $\{Q\}$. Решение по снижению их рассогласованности находится из условия минимизации функционала $F(P)$
 $F(\Delta P) = F(Q, P, \Phi(p)) \rightarrow \min$.

Передаточная функция системы $\{S_T\}$ служит моделью связи между ее входами и выходами.

Под передаточной функцией S_{A1} и S_{A2} понимается отношение их выходных характеристик к входным, а для логистической цепи – отношение выходной характеристики звена логистической цепи к входной характеристике.

Теоретическая запись передаточной функции выглядит следующим образом [2–6]:

$$\Phi(p) = \frac{y(p)}{x(p)}, \quad (3)$$

где $x(p)$ – преобразование Лапласа функции входного сигнала;

$y(p)$ – преобразование Лапласа выходной характеристики системы.

Вид передаточной функции можно получить из дифференциального уравнения системы способом замены операции дифференцирования по

времени на операции с использованием оператором Лапласа – p , а интегрирование по времени – заменой на $1/p$ [6, с. 23].

Как следует из анализа целей логистической цепи утилизации отходов сталеплавильного производства, результат Y её функционирования ставится в зависимость от основных результирующих факторов – полезного эффекта q , затраченных ресурсов C и времени T . В свою очередь, результирующие факторы зависят от выбранного способа действий. Следовательно, результат операции также будет зависеть от выбранного способа действий:

$$Y(u) = Y(q(u), C(u), T(u)). \quad (4)$$

Затраченные ресурсы зависят от технического состояния самосвалов, что можно выразить зависимостью $\frac{dx}{dt} = Q(x; y; z; t)$, где x – изменение технического состояния; t – текущее время; y – функция действия факторов, ухудшающих техническое состояние; z – функция действия восстанавливающих факторов. Если $Q(x; y; z; t) = k$, можно представить, что $Q(k+1) = Q(k) + f'[Q(k)]$ или, заменяя дифференциальную функцию уравнением в конечных разностях [7, с. 40],

Таблица 1.1.

Периодичность обслуживания систем автомобиля

Вид обслуживания, периодичность	Режим	ЕО 184	ТО-1 8	ТО-2 4	ТО-1 2	ТО-2 2
		Ежемесячно	До 250 ч.	До 500 ч.	До 750 ч.	До 1000 ч.
ГМП	1					+
	2					+
	3					+
Система охлаждения	1				+	
	2				+	
	3				+	
Топливная система	1		+			
	2		+			
	3			+		
Ходовая часть	1					+
	2				+	
	3			+		
Гидросистема	1			+		
	2		+			
	3		+			
Пневмосистема	1		+			
	2	+	+			
	3	+	+			
Шиномонтаж	1	+				
	2	+				
	3	+				
Электрооборудование	1	+	+			
	2	+	+			
	3	+	+			

$$x = \sum_{k=0}^n \{Q(k) + \Delta f [Q(k)]\}. \quad (5)$$

В общем случае изменение технического состояния определяется совокупностью внезапных и постепенных отказов. Для характеристики их влияния обычно используется функция вероятности безотказной работы [8, с. 84]:

$$F(t) = 1 - [1 - F_1(t)] [1 - F_2(t)], \quad (6)$$

где $F_1(t)$ и $F_2(t)$ – вероятность безотказной работы при постепенных и внезапных отказах.

Закономерности изменения вероятности безотказной работы устанавливаются на основе статистики отказов.

В таблице 1.1 приведены и расклассифицированы по условиям работ данные об отказах основных узлов автосамосвалов. Учитывая, что в данной таблице неисправности систем в зависимости от режимов эксплуатации имеют различную периодичность, производится увязка данной периодичности с регламентом ТО, установленного заводом-изготовителем. Он предусматривает периодичность видов обслуживания через каждые 250 часов работы автосамосвалов.

Однако, за период эксплуатации между ТО, автосамосвалы, как правило, используются на нескольких маршрутах, то есть в различных режимах. Это требует дополнительного учета выполненной транспортной работы при поставке машин на ТО.

С этой целью разработана методика формирования периодичности работ ТО систем автосамосвалов с учетом объема транспортной работы, выполненной на различных режимах.

По девяти основным узлам машины и трех режимах их эксплуатации составлена матрица количества поломок, отнесенная на один автомобиль (n_{ij}).

$$\begin{pmatrix} n_{11} & n_{12} & n_{13} \\ n_{21} & n_{22} & n_{23} \\ n_{31} & n_{32} & n_{33} \\ n_{41} & n_{42} & n_{43} \\ n_{51} & n_{52} & n_{53} \\ n_{61} & n_{62} & n_{63} \\ n_{71} & n_{72} & n_{73} \\ n_{81} & n_{82} & n_{83} \end{pmatrix}$$

Продолжительность работы различных автомобилей за период сбора данных о поломках отличалась незначительно и в среднем значении равна 2 000 часов ($T_{набл} = 2\,000$). ТО автосамосвалов предполагает выполнение регламентных работ после каждых 250 часов пробега ($t_{ц} = 250$).

Таким образом, вероятность поломки узлов автосамосвала за один цикл (250 часов) составит:

$$p_{ij} = \frac{n_{ij} \cdot t_{ц}}{T_{набл}} \quad (7)$$

При известном количестве автомобилей, работающих на каждом из маршрутов, или количестве машино-смен, отработанных одним автомобилем на каждом из маршрутов, можно рассчитать процент работы в каждом из трех условий – m_1, m_2, m_3 .

Средневзвешенная вероятность отказа i -го узла равна:

$$q_i = 0,01(p_{i1} \cdot m_1 + p_{i2} \cdot m_2 + p_{i3} \cdot m_3) \quad (8)$$

На основе полученных данных представляется возможным определить на каком цикле (k_i) вероятность отказа i -го узла достигнет критической величины ($P_{кр}$):

$$k_i = \left[\frac{P_{кр}}{q_i} \right], \quad (9)$$

где $[x]$ – функция округления до целого в меньшую сторону.

На основе предложенной методики разработана блок-схема алгоритма расчета содержания работ ТО автосамосвалов для всех систем и трех режимов эксплуатации, которая представлена на рис. 1.

Особое место среди механизмов решения проблем ресурсосбережения занимает интеграция интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в организацию и управление транспортно-логистическим процессом в общем и подсистемой ТО и ТР в частности. Интегральным показателем эффективности внедрения инновационной технологии в системе перевозок большегрузными автосамосвалами может служить коэффициент оценки эффективности управления ресурсосбережением:

$$K_{эф.}^{\Delta e} = \frac{\Delta e}{z_k E_{кин}^{\min} K_{трудн.пути}} \quad (10)$$

где Δe – абсолютное изменение ресурсоэффективности;

z_k – объем k -го ресурса в управляющей технологии;

$E_{кин}^{\min}$ – минимальное значение потребляемой кинетической энергии в перевозочном процессе за отчетный период;

$K_{трудн.пути}$ – коэффициент трудности пути.

Решение вопросов внедрения различных инновационных механизмов с применением ИТС уже будет основано не на эксперименте с ручной обработкой его статистических данных, а на моделировании работы исследуемой системы (или подсистемы) с контролем коэффициента оценки эффективности управления энергосбережением.

Преимуществом интеллектуализации системы автомобильных перевозок предприятий ГМК является возможность расширения функциональ-

ности ИТС благодаря модульному принципу её построения.

Зарубежный опыт внедрения интеллектуальных транспортных технологий в перевозочный процесс на автомобильном транспорте показывает их высокую эффективность за счет повышения безопасности, экологичности, снижения энергозатрат и экономии ресурсов, что подтверждает перспективность развития этого направления и в Украине.

Выводы. Анализ эффективности функционирования системы автотранспортного обслуживания

предприятий ГМК показал, что наибольший потенциал для совершенствования имеет подсистема ТО и ТР большегрузных автомобилей самосвалов. В рамках исследования разработана методика формирования периодичности работ ТО систем автосамосвалов с учетом объема транспортной работы, выполняемой на различных режимах. Для адаптации предложенной методики в условиях изменяющейся среды функционирования транспортной системы предлагается внедрение интеллектуальной системы мониторинга ее эффективности.

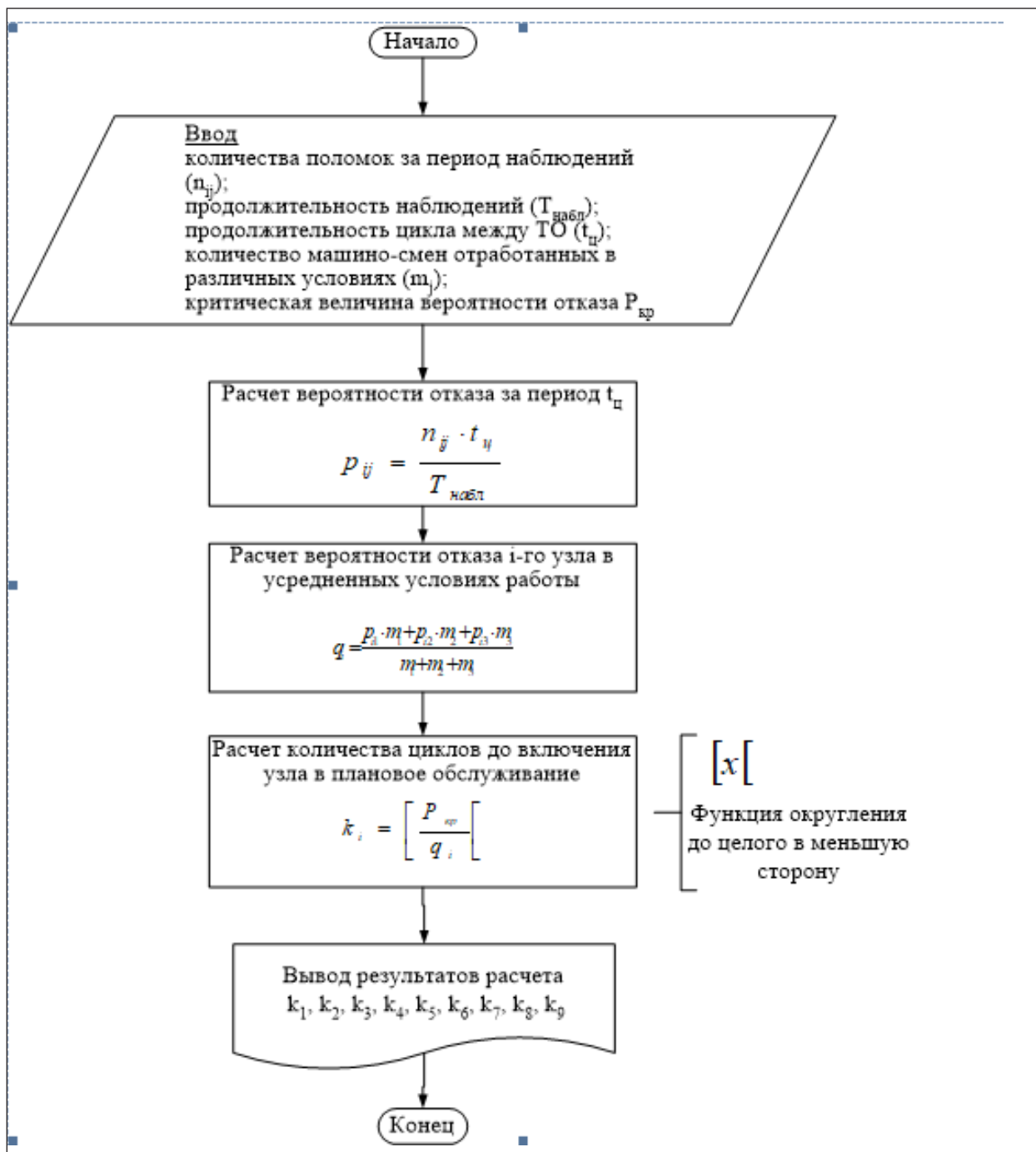


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета содержания работ ТО автосамосвалов

Список литературы:

1. Губенко В.К., Лямзин А.А., Помазков М.В. Логистика ресурсосберегающей технологии работы автосамосвалов в горно-металлургическом комплексе. Мариуполь, 2012. 222 с.
2. Губенко В.К. Логистическая централизация материальных потоков: теория и методология логистических распределительных центров. Донецк, 2007. 495 с.
3. Губенко В.К., Николаенко И.В., Тарасенко А.В. Адаптация транспорта металлопотоков к изменяющейся экономической среде. Донецк, 2009. 236 с.
4. Доля В.К. Значение логистики в формировании параметров транспортных систем. Управление грузовыми, пассажирскими перевозками и обслуживание автотранспорта. Харьков, 2000. С. 51–54.
5. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э., Брандес М. Транспортная логистика. Москва, 1996. 212 с.
6. Николаенко И.В. Управление материальными потоками в интегрированных логистических системах. Мариуполь, 2001. 62 с.
7. Николаенко И.В. Совершенствование межоперационных процессов транспортно-складского комплекса: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Киев, 2002. 176 с.
8. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.В., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. Москва, 1977. 175 с.

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ПІДХІД У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ В СИСТЕМІ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

У статті розглянуті питання забезпечення ефективності транспортних систем автомобільних перевезень промислових підприємств за рахунок технічних і технологічних заходів. Дослідження показують, що напружені умови експлуатації автомобілів самоскидів призводять до виходу рухомого складу з ладу, у зв'язку із чим пропонується вдосконалення системи технічного обслуговування і поточного ремонту. Основним механізмом управління системою технічного обслуговування і поточного ремонту є інтелектуальна система, спрямована на забезпечення ресурсозбереження під час організації транспортно-обслуговування промислового підприємства.

Ключові слова: ресурсозбереження, ефективність транспортної системи, система технічного обслуговування і ремонту, інтелектуальна транспортна система, режим експлуатації.

THE APPROACH TO SAVING OF RESOURCES IN PROVIDING THE EFFICIENCY OF INTELLIGENT MANAGEMENT IN THE SYSTEM OF TRANSPORTATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES THEME

The scientific article is devoted to the maintenance questions of efficiency of transport systems of auto transportations of industrial enterprises due to technical and technological measures are considered. Studies show that the severe operating conditions of dump trucks lead to the accidental failure, in connection with which it is proposed to improve the system of maintenance. The main mechanism for managing the system of maintenance and TR is an intelligent system aimed at ensuring resource management in the organization of transport services for an industrial enterprise.

Key words: resource saving, efficiency of the transport system, maintenance and repair system, intelligent transport system, operating mode.

УДК 629.353.004.67

Помазков М.В.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Бондаревская Е.Л.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

МЕХАНИЗМ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПОСТАВОК НЕФТЕПРОДУКТОВ НА УКРАИНСКИЙ РЫНОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Выполнен сравнительный анализ рынка нефтепродуктов тех стран, которые поставляют топливо и полуфабрикаты на украинский рынок. Изучена транспортно-логистическая схема поставки энергетических ресурсов различными видами транспорта с выявлением недостатков в работе автомобильного транспорта. Для оценки эффективности системы доставки нефтепродуктов можно использовать специальный показатель, отражающий степень решения основных задач функционирования системы доставки нефтепродуктов, таких как: минимизация затрат на доставку; оптимальное использование возможностей системы доставки нефтепродуктов; минимизация общего запаса нефтепродуктов в резервуарах хранения АЗС и вероятности полного его расходования.

Ключевые слова: особенности перевозки нефтепродуктов, логистические методы хранения, коэффициент расчета стоимости логистических услуг, эффективность системы доставки.

Постановка проблемы. В настоящее время производство, переработка, хранение, распределение и реализация нефтепродуктов является одним из наиболее значимых направлений развития экономики Украины. Принципиальное отличие современной системы доставки нефтепродуктов от аналогичной системы советского и постсоветского периода истории Украины заключается, во-первых, в разнообразии входящих в систему независимых и экономически самостоятельных юридических лиц – предприятий и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих добычу, переработку, хранение, транспортировку и отпуск нефтепродуктов потребителям; во-вторых, в характере взаимоотношений между ними, которые строятся исключительно на договорной основе и в соответствии с активно модернизирующимся законодательством Украины.

Постановка задачи. Несмотря на жесткую конкуренцию в данном сегменте экономики, существующая система доставки нефтепродуктов характеризуется достаточно низкой эффективностью, что обусловлено устаревшей материально-технической базой, неспособностью качественного обслуживания растущего и усложняющегося

рынка потребления нефтепродуктов, а также неэффективным использованием возможностей системы при различных состояниях ее потребностей. В связи с этим снижение логистических затрат и повышение эффективности функционирования системы доставки нефтепродуктов является актуальной и своевременной научно-практической задачей.

Изложение основного материала исследования. Спрос на мировом рынке нефти представляет собой совокупный спрос стран, приобретающих нефть и нефтепродукты как товар для дальнейшей переработки. Большая часть добываемой на мировом рынке нефти расходуется на систему обеспечения функциональности транспортно-логистических цепей, а именно на производство топлива, а также на электроэнергию и промышленность.

Спрос на мировом рынке нефти динамично растет с каждым годом. Основными регионами, потребляющими нефть, являются регионы, входящие в организацию ОЭСР, а именно Северная Америка, Европа, Азия и Океания, а также остальные страны Азии, Среднего Востока, Латинской Америки и СНГ. В основную десятку потребителей нефти на мировом рынке входят такие страны,

как США, Франция, Германия, Италия, Испания, Китай, Япония, Россия, Бразилия, а также Саудовская Аравия, Корея, Канада и Латинская Америка. Из анализа спроса на нефть следует вывод, что основными импортерами на мировом рынке нефти являются США, Китай, Япония, Южная Корея, а также страны Европы, такие как Германия, Франция, Италия и Испания. Спрос и предложение на мировом рынке нефти складываются при определенной рыночной ситуации, а также при определенном уровне цен на нефть и нефтепродукты. Цена нефти на мировом рынке увеличивается, наблюдается тенденция роста. Цена на сорт Brent динамично изменяется в большую сторону, а цена на сорт WTI резко упала в 2012 г. Данное явление наблюдается из-за небольшого спада спроса на данный сорт, но в 2015 г. цена резко возрастает и стабилизируется.

Для оценки конъюнктуры мирового рынка балансовым методом в качестве показателя, характеризующего потребительский спрос, был выбран объем мирового потребления (рис. 1–5).

В качестве показателей, характеризующих товарное предложение – мировой объем производства нефти [4, с. 395–396].

Нефть и нефтепродукты относятся к опасным грузам. Перевозка опасных грузов осуществляется всеми видами транспорта: автомобильным, железнодорожным, воздушным, морским, речным. На каждый вид транспорта существует свой так называемый «пакет документов», устанавливающий требования по перевозке опасных грузов.

В соответствии с рекомендациями ООН для перевозимых опасных грузов, была осуществлена классификация, которая предусматривает деление опасных грузов на классы (классы опасности).

Прежде, чем перевозить нефть и нефтепродукты, необходимо определить: какую опасность для людей и окружающей среды они представляют.

Нефтепродукты обладают целым рядом особенностей, которые существенным образом влияют на организацию нефтескладского хозяйства. Главнейшими из них являются: огнеопасность,

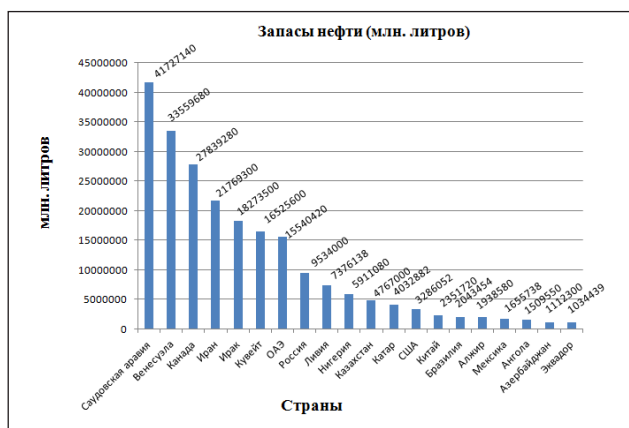


Рис. 1. Запасы нефти

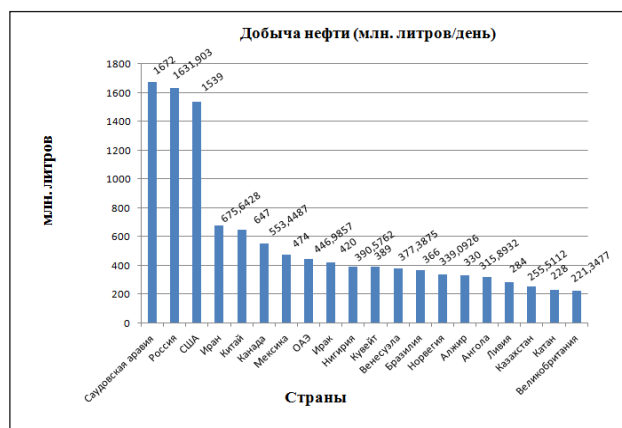


Рис. 2. Добыча нефти

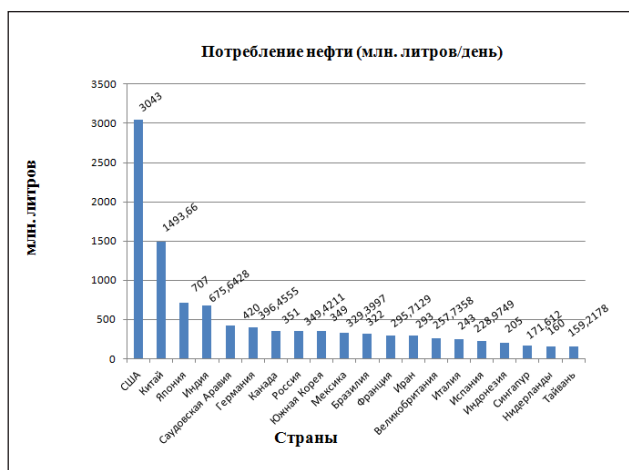


Рис. 3. Потребление нефти

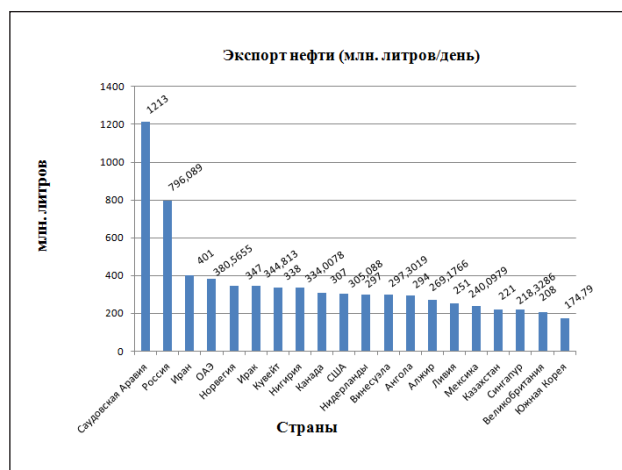


Рис. 4. Экспорт нефти

взрывоопасность, способность электризоваться при движении, высокая испаряемость и вязкость некоторых нефтепродуктов, а также вредность их для здоровья.

При анализе существующего парка железнодорожных цистерн, используемых для перевозки нефтепродуктов, было выявлено, что объем перевозок, необходимый для существования предприятий страны, должен осуществляться и автомобильным транспортом [3]. Это позволит уменьшить время на поставку товара и сократить объемы хранения на складах оптовой и розничной торговли.

Исходя из характеристик нефтепродуктов, рассмотрим методику, состоящую из первоначального этапа составления базовых маятниковых маршрутов (далее – БММ) движения, а также последующих этапов сокращения общего их количества путем объединения в кольцевые маршруты и приведения полученного плана маршрутизации в соответствие с имеющимися на данный момент возможностями системы доставки нефтепродуктов Украины. Объединение БММ в систему кольцевых маршрутов (далее – СКМ) доставки производится до тех пор, пока не реализуется условие целесообразности пополнения запаса нефтепродуктов во всех АЗС, входящих в полученную СКМ. При таком подходе величина партионности доставки определяется алгоритмами маршрутизации и поправочным коэффициентом, учитывающим динамичность величины запаса нефтепродуктов [2, с. 139].

Для оценки эффективности системы доставки нефтепродуктов можно использовать специальный показатель, отражающий степень решения основных задач функционирования системы доставки нефтепродуктов, таких как: минимизация затрат на доставку; оптимальное использование возможностей системы доставки нефтепродуктов; минимизация общего запаса нефтепродуктов в резервуарах хранения АЗС и вероятности полного его расходования.

В качестве такого показателя предложен экономический критерий оценки эффективности функционирования системы доставки нефтепродуктов, учитывающий совокупные логистические затраты, приведенные к стоимости транспортно-логистических услуг:

$$K_{эф}^{\Sigma} = 1 - \frac{Z_{общ}^{TR\Sigma} + Z_{общ}^{ПРСТ\Sigma} + Z_{общ}^{наем\Sigma} + Z_{общ}^{зап\Sigma} + Z_{общ}^{лог_пл\Sigma}}{\sum CT_{зап}^{\Sigma} K_{ост}^1 K_{ост}^2}, \quad (1)$$

где: $Z_{общ}^{TR}$, $Z_{общ}^{ПРСТ}$, $Z_{общ}^{наем}$, $Z_{общ}^{зап}$, $Z_{общ}^{лог_пл}$ – транспортно-логистические затраты: на доставку «соб-

ственным» и «наемным» подвижным составом в СКМ;

$CT_{зап}^{\Sigma}$ – общая стоимость потребляемых нефтепродуктов;

$K_{ост}^1 K_{ост}^2$ – коэффициенты расчета стоимости логистических услуг в цене нефтепродуктов.

Величина транспортно-логистических затрат на доставку может быть рассчитана в виде их суммы на маятниковых ММт и кольцевых КМт маршрутах:

$$Z_{общ}^{TR\Sigma} = \sum_{ММт} Z_{ММт}^{TR\Sigma} + \sum_{КМт} Z_{КМт}^{TR\Sigma}, \quad (2)$$



Рис. 6. Вагонный парк ПАТ «Укрзалізниця»

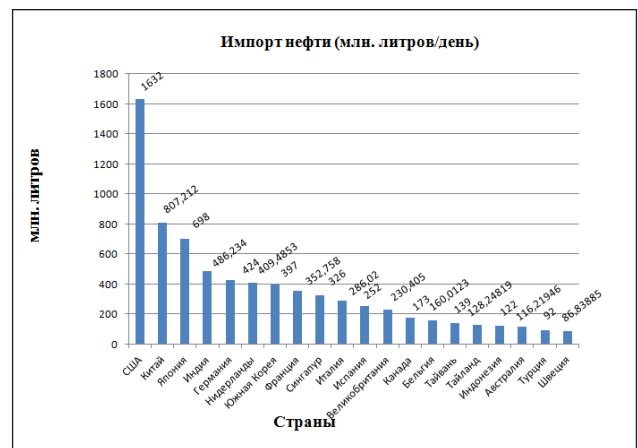


Рис. 5. Импорт нефти

$$Z_{mm}^{TP\Sigma} = Z_{обсл}^{NB} + Z_{Tr}^{NB \rightarrow AZC} + Z_{обсл}^{NB \rightarrow AZC} + Z_{Tr}^{AZC \rightarrow NB}, \quad (3)$$

$$Z_{km}^{TP\Sigma} = Z_{обсл}^{NB} + Z_{Tr}^{NB \rightarrow AZC} + \Sigma_{JM} (Z_{обсл}^{AZCj-1} + Z_{обсл}^{AZCj-1 \rightarrow AZCj}) + Z_{обсл}^{AZCj} + Z_{обсл}^{AZCj \rightarrow NB}, \quad (4)$$

где Z^{TP} – затраты на транспортировку нефтепродуктов между нефтебазой и АЗС;

$Z_{обсл}$ – затраты на обслуживание в СКМ (на территории нефтебазы или АЗС) [1, с. 16].

Для обеспечения нефтепродуктами производственных процессов и продажи их через торговую сеть АЗС в стране действует система предприятий и организаций по переработке, хранению и распределению нефтепродуктов. Суммарная потребность в нефтепродуктах в настоящее время определяется на АЗС и оформляется в виде составленной ежегодной заявки. При составлении ежегодной заявки учитывают спрос на каждый вид продукции, полученной в результате переработки нефти.

Задачи разрабатываемых планов снабжения состоят в том, чтобы увязать поставку нефтепродуктов с потребностью в них для удовлетворения объемов спроса в торговле.

Выводы. 1. Показано, что выбранная авторами проблема является актуальной как для Украины в целом, так и для крупного и малого бизнеса в частности.

2. Благодаря проведенному анализу становится очевидным, что для решения поставленной задачи необходим комплексный подход, который должен учитывать свойства груза, особенности условий поставки и складские затраты при транспортировке.

3. При дальнейшем развитии данного направления необходимо учитывать особенности дорожных и климатических факторов, а также техническое состояние эксплуатируемого подвижного состава.

Список литературы:

1. Привалов П.Ю. Повышение эффективности функционирования системы доставки нефтепродуктов с использованием автомобильного транспорта: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2013. 16 с.
2. Геиев М.А. Организационно-экономические методы управления автомобильными перевозками нефтепродуктов в распределительной сети «нефтебаза – автозаправочные станции»: дисс. ... канд. экон. наук. Ставрополь, 2006. 139 с.
3. Почему экономике не хватает железнодорожных вагонов / «УкрРудПром»: информационно-аналитический портал. URL: http://www.ukrrudprom.ua/digest/Pochemu_ekonomike_ne_hvataet_geleznodorognih_vagonov.html.
4. Куртвелиева А.С. Анализ конъюнктуры мирового рынка нефти. Актуальные направления научных исследований: от теории к практике: 5 междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 26 июня 2015 г.). 2015. С. 395–396.
5. Помазков М.В. Совершенствование оперативного управления технологическими автоперевозками сталеплавильного производства. Вісник Призовського державного технічного університету. 2007. Вип. 17. С. 212–214.
6. Помазков М.В. Маршрутизация и ресурс большегрузных автосамосвалов БелАЗ в условиях металлургического предприятия. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. 2010. Вип. 10 (152). С. 141–145.
7. Помазков М.В. Логистический подход к повышению эффективности автомобильных перевозок мелкопартионных грузов. XI региональная научно-техническая конференция (Мариуполь, 21–23 апреля 2004 г.). Мариуполь, 2004. С. 283–284.

МЕХАНІЗМ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПОСТАВОК НАФТОПРОДУКТІВ НА УКРАЇНСЬКИЙ РИНОК ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Виконано порівняльний аналіз ринку нафтопродуктів тих країн, які постачають паливо і напів-фабрикати на український ринок. Вивчено транспортно-логістичну схему постачання енергетичних ресурсів різними видами транспорту з виявленням недоліків у роботі автомобільного транспорту. Для оцінки ефективності системи доставки нафтопродуктів можна використовувати спеціальний показник, що відображає ступінь вирішення основних завдань функціонування системи доставки нафтопродуктів, таких як: мінімізація витрат на доставку; оптимальне використання можливостей системи доставки нафтопродуктів; мінімізація загального запасу нафтопродуктів в резервуарах зберігання АЗС і ймовірності повного його витрачання.

Ключові слова: особливості перевезення нафтопродуктів, логістичні методи зберігання, коефіцієнт розрахунку вартості логістичних послуг, ефективність системи доставки.

THE MECHANISM FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF THE SUPPLY OF PETROLEUM PRODUCTS TO THE UKRAINIAN MARKET USING ROAD TRANSPORT

A comparative analysis of the oil products market of those countries that supply fuel and semi-finished products to the Ukrainian market is carried out. The transport-logistical scheme of the supply of energy resources by various types of transport has been studied, with the following shortcomings in the work of road transport. To assess the efficiency of the oil products delivery system, a special indicator can be used that reflects the degree of solution of the main tasks of the oil delivery system operation, such as: minimizing shipping costs; optimal use of the capabilities of the oil delivery system; Minimization of the general stock of oil products in the storage tanks of the filling station and the probability of its full consumption.

Key words: *transportation of petroleum products, logistics storage methods, cost of logistics services, efficiency of the delivery system.*

УДК 656.05

Сенатосенко В.А.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Ступак В.В.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РУХУ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ

У статті розглянуто метод комплексної оцінки режимів світлофорного регулювання на перехрестях вулично-дорожньої мережі, що враховує схеми організації дорожнього руху, параметри дорожнього руху і умови розподілу транспортних потоків згідно з обраним критерієм, для удосконалення технології управління світлофорною сигналізацією.

Ключові слова: дорожні умови, транспортні потоки, організація дорожнього руху, світлофорне регулювання, критерій оптимізації, перехрестя, моделювання, смуга руху.

Постановка проблеми. На сьогодні у світі спостерігається тенденція переселення людей до міської зони, тобто кількість населення у містах на земній кулі невідомо зростає. Це призводить до більшого насичення міст учасниками руху – як пішоходами, так і транспортними засобами. У зв'язку з цим зростає актуальність проблеми ефективного управління транспортними засобами і пішоходами на вулично-дорожньої мережі (далі – ВДМ) міста. У кожній системі управління існує свій об'єкт управління. У даному разі цим об'єктом є транспортний потік, який має свої властивості: динамічний характер поведінки – характеристики транспортних потоків змінюються протягом доби через нерівномірність надходження автомобілів до транспортної мережі; ймовірнісний характер поведінки – періодична зміна одних і тих же параметрів потоку у фіксовані інтервали часу доби показує статистичний характер процесу руху транспортних засобів; статистичні закономірності руху носять стійкий характер – більшість поїздок здійснюється за постійними маршрутами; інерційність – властивість транспортного потоку переходити з одного стану в інший у просторі і часі; взаємозалежність руху транспортних потоків – найменші зміни умов руху призводять до різкої зміни характеру руху не лише на даній ділянці, але й на віддалених магістралях і перехрестях міста; існування тенденції до розвитку – кількісні зміни об'єкта управління, які пов'язані зі збільшенням кількості автомобілів, покращенням їх динамічних характеристик,

переглядом організації руху, спорудженням нових регульованих перехресть, призводить до потреби якісного перегляду алгоритмів управління [1].

Всі ці властивості ускладнюють шлях до досягнення мети управління дорожнім рухом – забезпечення максимального рівня обслуговування, що передбачає високу ефективність транспортного процесу. На жаль, сьогодні визначення універсального критерію, який враховує всі фактори ефективності транспортного процесу (максимальне використання пропускну здатності ВДМ, мінімізація кількості дорожньо-транспортних пригод (далі – ДТП), забезпечення екологічних характеристик, зменшення часу поїздки та її безпека й інші) є дуже складним завданням через те, що всі фактори є взаємопов'язаними, але явний вид цих залежностей невідомий [1].

Постановка завдання. Особливий інтерес викликає проблема критеріальності управління на перехресті, оскільки існуючі критерії вимагають удосконалення [5–7]. Метою дослідження є розробка методик, які дозволяють, з одного боку, оцінити рівень організації дорожнього руху (далі – ОДР) на перехресті ВДМ при заданому режимі управління з погляду безпеки руху (БР), причому за будь-яким із напрямків; а з іншого – здійснити вибір принципу управління, оптимізацію режимів світлофорного регулювання (СФР). Це дозволить наблизитися до створення систем автоматизованого проектування світлофорних об'єктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оскільки всі методи і заходи ОДР спрямовані на

зниження рівня аварійності, то дослідження ДТП, які вже виникли, дає чимало підстав для впровадження керуючих впливів на транспортні і пішохідні потоки. Існує чимало методик вибору заходів із підвищення БР, які ґрунтуються на проведенні статистичних досліджень і обробці даних про ДТП.

Технологія управління СФР на перехресті може здійснюватися за фазами і сигнальними групами (окремими напрямками руху). Управління за фазами є відносно простим методом ОДР на перехресті.

Пофазне регулювання передбачає роз'їзд транспортних засобів, який забезпечує розподіл конфлікуючих потоків [1; 5; 7]. Вибір між регулюванням за фазами або за сигнальними групами на даний час здійснюється інтуїтивно, і може бути перевірений лише шляхом проведення експериментів, тому що чітких критеріїв вибору не існує.

У практиці регулювання дорожнім рухом найбільшого розповсюдження набула модель, розроблена англійським дослідником Вебстером [3].

Завдання розрахунку керуючих впливів на локальному перехресті є багатоетапним і включає в себе: розрахунок перехідних інтервалів, об'єднання напрямків у фази, розрахунок основних тактів, формування циклу регулювання (стикування дозволяючих і забороняючих сигналів, перехідних інтервалів). Тобто поставлена задача може бути розділена на декілька задач, які вирішуються у такій послідовності (рис. 1): фазоутворення – формування фаз управління, компоновка фаз – формування послідовності включення фаз керування, корекція тривалостей – формування тривалостей фаз керування, формування перехідних інтервалів, протягом дії яких проходить зміна фаз керування.

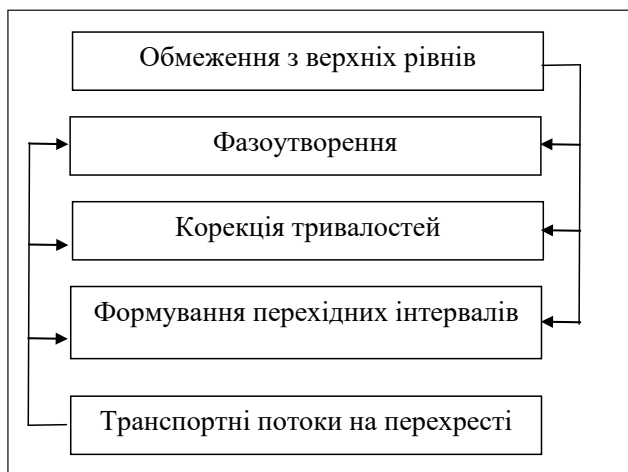


Рис. 1. Розрахунок керуючих впливів на перехресті

Обмеження з верхніх рівнів запропоновані такі: для фазоутворення – обов'язкове суміщення деяких напрямків в одній фазі, для компоновки фаз – фіксована послідовність деяких фаз керування, для корекції тривалостей – інтервали мінімальної і максимальної дії зеленого сигналу, для формування перехідних інтервалів – максимальні тривалості зміни фаз.

Вихідними даними для розрахунку СФР є: кількість фаз регулювання, схеми пофазного роз'їзду, геометричні параметри перехрестя, характеристики транспортних і пішохідних потоків. З перерахованих величин дві – кількість фаз і схеми пофазного роз'їзду – визначаються інженерно-інтуїтивними методами. Таким чином, можна зробити висновок, що вибір числа фаз за такого підходу повинен бути обґрунтований.

У найпростішому випадку обирають двофазне регулювання. У першій фазі реалізують пропуск транспортних засобів по головній дорозі, а в другій – по другорядній. Три і більше фаз використовуються, якщо виникають труднощі з перепуском поворотних потоків або перепуском пішоходів. Щоб уникнути введення третьої фази, Ю.А. Кременець і М.П. Печерський [5] рекомендують використовувати спосіб розщепленої фази, тобто перепуск поворотних потоків організовувати при затримці включення зеленого сигналу на конфлікуючому напрямі (затримка старту) або виключення зеленого сигналу на цьому напрямі трохи раніше (рання відсічка). Але застосування цього методу можливе лише у разі суттєвої різниці в інтенсивностях зустрічного і попутного напрямків [2]. Є ще один аспект застосування цього методу: не визначена різниця між інтенсивностями руху, за якої доцільно застосовувати цей спосіб. Тобто відсутній кількісний підхід, який дозволяє безпомилково визначити доцільність впровадження. Цей метод є спробою реалізувати регулювання за сигнальними групами.

Для забезпечення безпеки в управлінні рухом запропоновані обмеження на управління, а саме: тривалість зеленого сигналу не може бути нижчою за певний рівень безпеки, який для кожного перехрестя повинен вибиратися з урахуванням інтенсивності пішохідного руху, ширини вулиць, складу транспортного потоку, ступеня видимості світлофорів і т. д.; тривалість жовтого сигналу повинна бути жорстко обмежена залежно від конкретних особливостей руху – ширини проїзної частини дороги, габаритів і динамічних властивостей транспортних засобів, психофізіологічних якостей водіїв; тривалість сигналу не може бути

вищою за певний рівень безпеки, який повинен вибиратися з урахуванням інтенсивності руху на перехресті.

Для вирішення цієї проблеми пропонується модернізувати нормативну методику розрахунку режимів СФР шляхом оптимізації керуючих впливів із урахуванням додаткових кількісних і якісних показників.

У зв'язку з цим, доцільно спробувати формалізувати всю процедуру оптимізації керуючих впливів у вигляді єдиної задачі: оцінка принципової конфліктності регульованих напрямків (визначення можливості конфлікту), визначення кількісної оцінки ступеня конфліктності (формулювання критерію безпеки), оптимізація чергування сигналів світлофорів за кількістю фаз (сигнальних груп); ступенем конфліктності; черговістю фаз (сигнальних груп).

У разі успішного вирішення цього кола задач виникає можливість розробки кількісної оцінки рівня ОДР на регульованих перехрестях і конкретизованих маршрутах ВДМ; оптимізація керуючих впливів на регульованих перехрестях дозволить істотно підвищити безпеку і ефективність процесу управління дорожнім рухом у цілому.

Постановка завдання. Першим кроком на шляху до мети оптимізації режимів СФР повинна

бути оцінка ступеня принципової конфліктності кожного перехрестя. Визначення «ваги» конфліктних ситуацій на перехресті (ступеня конфліктності) дозволить підвести аналітичну базу під вибір числа фаз, схем пофазного роз'їзду, порядку чергування фаз.

Для вирішення даної задачі пропонується формалізувати і систематизувати масив даних, який характеризує схему ОДР на перехресті, у вигляді матриці напрямків, яка б відбивала можливості виконання окремих маневрів і ступінь конфліктності одночасного виконання декількох маневрів (у фазі). Зупинимось на прикладі простого чотиристороннього перехрестя (рис. 2).

Позначимо вхідні напрямки непарними цифрами, а вихідні парними за годинниковою стрілкою. Тепер побудуємо матрицю 4x4, колонки якої позначаються номерами вхідних напрямків, а рядки – номерами вихідних напрямків. Таким чином, кожна комірка відповідатиме одному з маневрів на перехресті. Надалі для зручності роботи введемо позначення маневрів, які виконують транспортні засоби на перехресті: Р – розворот, П – прямо, Л – ліворуч, Р – праворуч.

Наприклад, комірка 1–2 позначає маневр транспортного засобу з напрямку 1 у напрям 2, що, виходячи з рис. 2, є розворотом. За такого

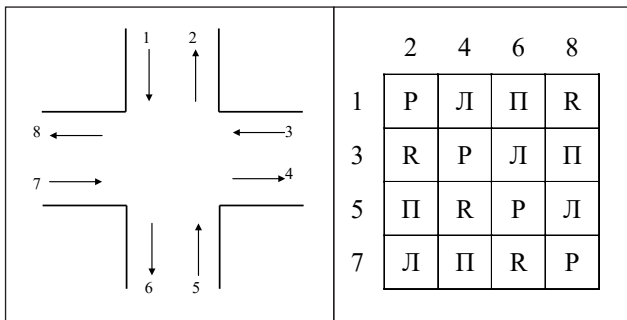


Рис. 2. Схема ОДР перехрестя та матриця напрямків перехрестя

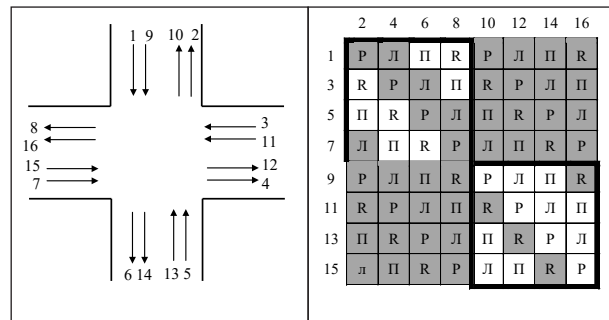


Рис. 3. Схема та матриця перехрестя з 4 смугами

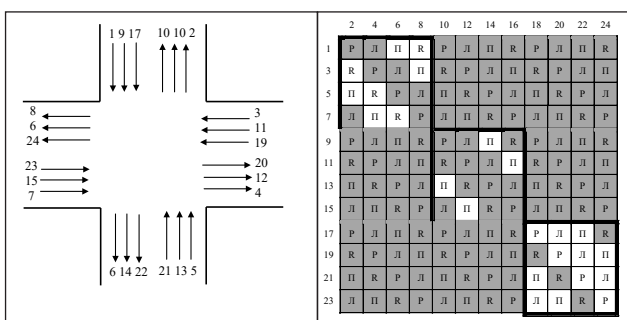


Рис. 4. Схема та матриця перехрестя з 6 смугами руху

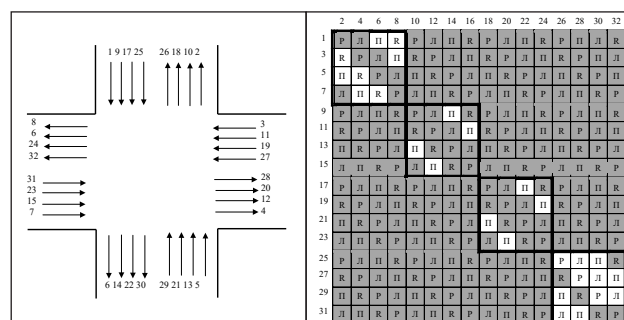


Рис. 5. Схема та матриця перехрестя з 8 смугами руху

відображення кожний маневр займе свою діагональ, тобто матриця має симетричний вигляд, зручний для математичного опису. Крім того, кожна комірка матриці є своєрідною «візитною карткою» відповідного маневру.

Розглянутий приклад простого перетинання необхідний для виявлення суті методу, оскільки на практиці складнощі в ОДР виникають під час перетинання доріг із двома і більше смугами руху (в одному напрямі). Тому розглянемо матриці для більш складних перехресть. Для доріг із двома смугами руху (рис. 3).

Нумеруємо напрямки по колу за годинниковою стрілкою. Аналогічно вищевикладеним методом побудуємо матрицю маневрів.

Необхідно зазначити, що матриця складається з 4 симетричних часток, назвемо їх квадрантами. Кожен із них точно повторює матрицю простого перетинання. Крім того, є комірки, які відповідають ускладненим маневрам. Ускладненням маневру є, наприклад, здійснення повороту ліворуч із крайньої правої смуги. Тому буде доцільним виділити реально можливі маневри на перехресті (комірки з білим фоном). Тепер неважко помітити, що визначними для даного перехрестя будуть квадранти, які розміщені в правому верхньому і лівому нижньому кутах матриці.

Для перехресть із трьома смугами руху в одному напрямку схема і матриця показані на рис. 4.

Неважко встановити, що визначними для цього перехрестя будуть ті ж квадранти, що і для перехрестя із двома смугами руху в одному напрямку.

Схема і матриця для перехресть із чотирма смугами руху в одному напрямку показані на рис. 5.

У даному разі ситуація подібна до розглянутих прикладів.

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що вся необхідна інформація про будь-яке чотиристороннє перехрестя міститься у цих двох квадрантах, незалежно від кількості смуг руху в одному напрямку на перехресті.

Таким чином, якщо побудувати запропонованим методом матрицю конкретного перехрестя, з'являється можливість за її допомогою працювати з кожним видом керуючих впливів на транспортний потік будь-якого напрямку цього перехрестя. Але постає питання: яким чином надалі обґрунтувати кожен крок у цьому напрямку в подальших дослідженнях?

Запропонована матриця перехрестя легко підлягає математичній обробці і дозволяє систематизувати масив даних, що є вагомим для викорис-

тання у розрахунках сучасної обчислювальної техніки.

Вхідними даними є тип перехрестя та інтенсивності руху транспортних засобів за напрямками.

Проведемо дослідження гіпотетичного перехрестя, утвореного перетином двох доріг на ВДМ міста. Інтенсивності руху визначені експериментально і представлені на рис. 6.

Критерій безпеки руху задається довільно. У ролі критерію – кількість ДТП на рік. Після

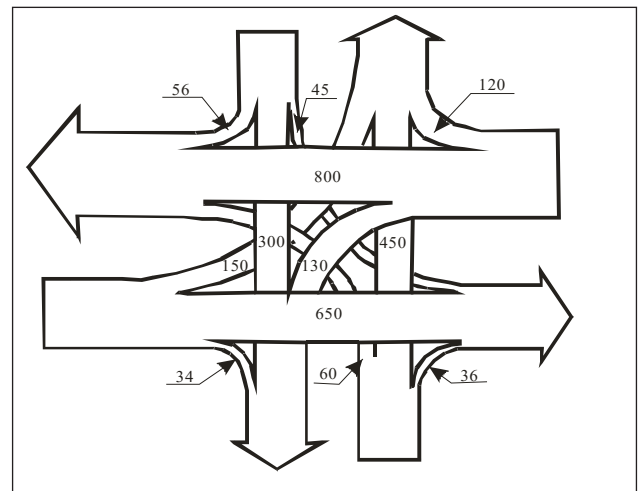


Рис. 6. Інтенсивності руху транспортних засобів на перехресті

Формування двох сигнальних груп																																																			
1 група	2 група																																																		
<table border="1"> <tr><td></td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>Л</td><td>П</td><td>Р</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Р</td><td>Л</td><td>П</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>П</td><td>Р</td><td>Л</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Л</td><td>П</td><td>Р</td><td></td></tr> </table>		2	4	6	8	1	Л	П	Р		3	Р	Л	П		5	П	Р	Л		7	Л	П	Р		<table border="1"> <tr><td></td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>Л</td><td>П</td><td>Р</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Р</td><td>Л</td><td>П</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>П</td><td>Р</td><td>Л</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Л</td><td>П</td><td>Р</td><td></td></tr> </table>		2	4	6	8	1	Л	П	Р		3	Р	Л	П		5	П	Р	Л		7	Л	П	Р	
	2	4	6	8																																															
1	Л	П	Р																																																
3	Р	Л	П																																																
5	П	Р	Л																																																
7	Л	П	Р																																																
	2	4	6	8																																															
1	Л	П	Р																																																
3	Р	Л	П																																																
5	П	Р	Л																																																
7	Л	П	Р																																																
<table border="1"> <tr><td></td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td>45</td><td>300</td><td>56</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>450</td><td>34</td><td></td><td>60</td></tr> <tr><td>7</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> </table>		2	4	6	8	1		45	300	56	3	0		0	0	5	450	34		60	7	0	0	0		<table border="1"> <tr><td></td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>120</td><td></td><td>130</td><td>800</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td>150</td><td>650</td><td>34</td><td></td></tr> </table>		2	4	6	8	1		0	0	0	3	120		130	800	5	0	0		0	7	150	650	34	
	2	4	6	8																																															
1		45	300	56																																															
3	0		0	0																																															
5	450	34		60																																															
7	0	0	0																																																
	2	4	6	8																																															
1		0	0	0																																															
3	120		130	800																																															
5	0	0		0																																															
7	150	650	34																																																
<table border="1"> <tr><td></td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td>2,809</td><td>1,286</td><td>1,495</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>1,842</td><td>1,101</td><td></td><td>2,330</td></tr> <tr><td>7</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr> </table>		2	4	6	8	1		2,809	1,286	1,495	3	0		0	0	5	1,842	1,101		2,330	7	0	0	0		<table border="1"> <tr><td></td><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>2,995</td><td></td><td>6,408</td><td>3,737</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td>4,486</td><td>3,123</td><td>1,302</td><td></td></tr> </table>		2	4	6	8	1		0	0	0	3	2,995		6,408	3,737	5	0	0		0	7	4,486	3,123	1,302	
	2	4	6	8																																															
1		2,809	1,286	1,495																																															
3	0		0	0																																															
5	1,842	1,101		2,330																																															
7	0	0	0																																																
	2	4	6	8																																															
1		0	0	0																																															
3	2,995		6,408	3,737																																															
5	0	0		0																																															
7	4,486	3,123	1,302																																																
Потенційно-можлива кількість ДТП за годину на перехресті $n_{сум} = 8,528$	Потенційно-можлива кількість ДТП за годину на перехресті $n_{сум} = 1,418$																																																		
Показник небезпечності перехрестя 9,93 ДТП/рік																																																			

Рис. 7. Формування двох сигнальних груп

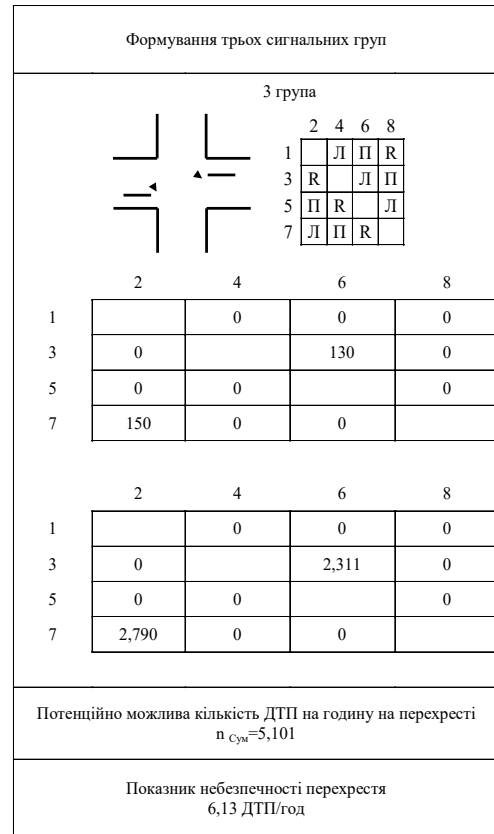
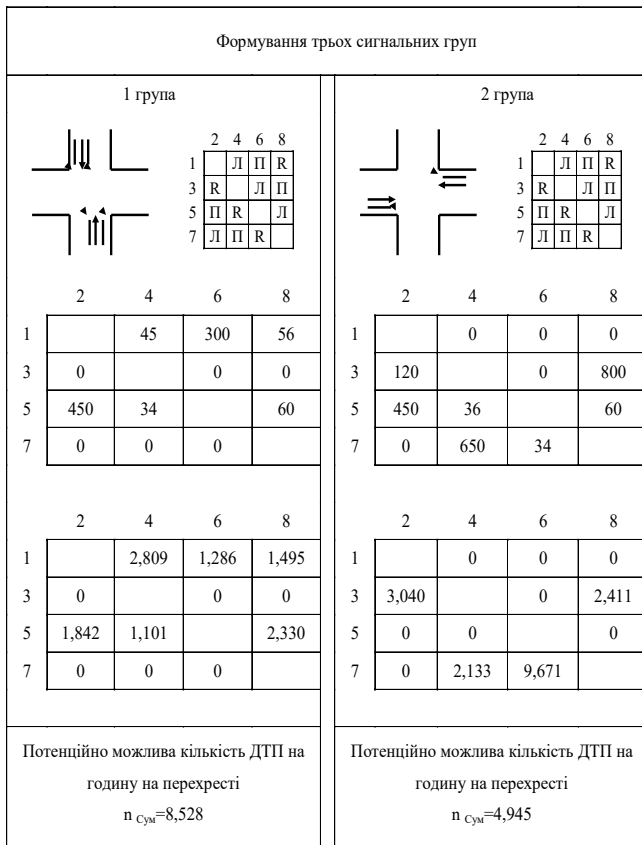


Рис. 8. Формування трьох сигнальних груп

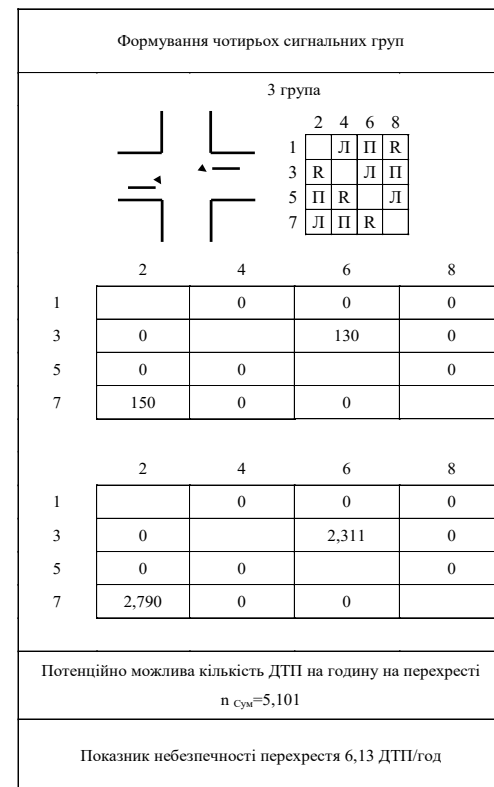
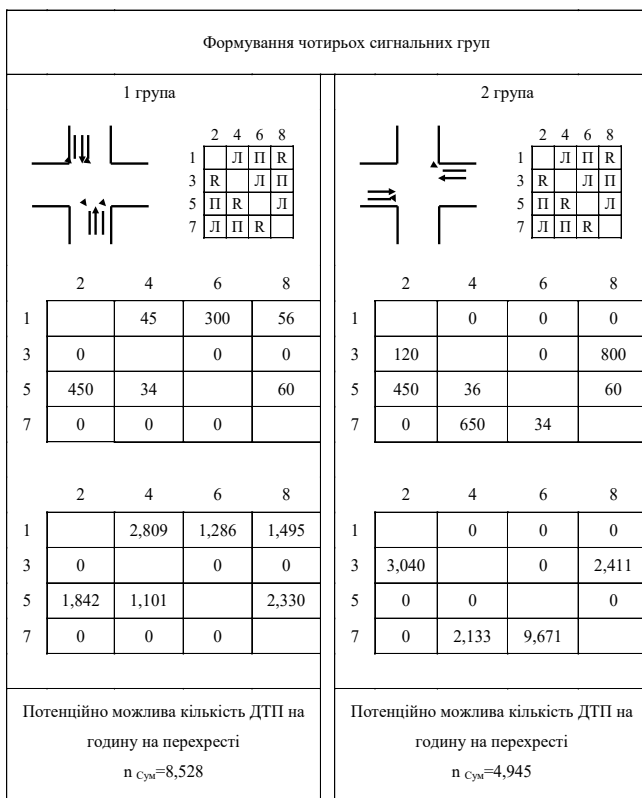


Рис. 9. Формування чотирьох сигнальних груп

вводу вихідних даних про інтенсивність руху за напрямками формуємо:

- матрицю напрямків;
- матрицю інтенсивностей;
- матрицю вагових показників кожного маневру.

Обчислюємо показник потенційно можливої кількості ДТП на перехресті за годину. Далі виконуємо «Формування сигнальних груп». Процес формування сигнальних груп починається з «формування двох сигнальних груп» (рис. 7), у складі якого сформовані схеми роз'їзду транспортних засобів у кожній сигнальній групі та відповідні кожній сигнальній групі матриці напрямків, інтенсивностей та вагових показників маневру.

У матрицях напрямків позначені ті маневри, виконання яких дозволено у відповідній сигнальній групі.

Також подаються значення показника потенційно можливої кількості ДТП на перехресті для кожної сформованої сигнальної групи.

Якщо визначена потенційна конфліктність перехрестя при двох сигнальних групах перевищує критерій, то необхідно виконати «формування сигнальних груп», виконання якого починається з розрахунків для формування третьої сигнальної групи.

Формування трьох сигнальних груп виконано на рис. 8, також міститься інформація (матриці, схеми маневрів) про показники потенційно можливої кількості ДТП на рік при сформованих трьох сигнальних групах.

Аналогічно виконується формування для чотирьох сигнальних груп (рис. 9).

Внаслідок виконання всіх процедур було сформовано сигнальні групи, їх кількість, схеми роз'їзду транспортних засобів на перехресті з урахуванням показників БР. Наголосимо на зниженні ступеня конфліктності на даному перехресті (рис. 10).

Результати наукових досліджень повинні застосовуватися під час проектування схем ОДР на перехрестях ВДМ, причому не тільки для роботи з окремими перехрестями, а й у проведенні досліджень на мережі перехресть. Отримані результати дозволяють обґрунтовано вирішити ті проблеми, які на сьогодні виконуються інженерно-інтуїтивними методами з урахуванням існуючих рекомендацій, а саме формування сигнальних груп, обґрунтування їх кількості.

Отримані результати є вихідними даними для розрахунку тривалостей основних та додаткових тактів СФР та формування оптимального циклу регулювання.

Дані розробки дозволяють оцінити запропоновані до реалізації схеми ОДР з погляду забезпечення необхідного рівня безпеки ще на стадії проектування й обрати більш придатний варіант.

Також запропонований підхід дозволяє обґрунтовано вирішити питання заборони або дозволу того чи іншого маневру на конкретному перехресті з погляду БР, що є підставою для використання відповідних дорожніх знаків.

Провівши дослідження перехресть на ВДМ за допомогою запропонованого підходу, можна спрогнозувати місця концентрації ДТП у масштабі міста, що є необхідним для проведення досліджень із ОДР у цілому, та розробити цілу систему автоматизованого проектування «Перехрестя» для створення автоматизованого робочого місця технолога з організації руху і проведення необхідних досліджень у галузі ОДР.

Висновки. Отримано математичний опис перехрестя, на основі якого розроблена методика удосконалення технології управління транспортними потоками на регульованих перехрестях ВДМ з урахуванням показників БР. Удосконалення технології управління транспортними потоками є важливою і актуальною задачею, пов'язаною з підвищенням ефективності міських транспортних систем. Формалізовано оцінку можливості принципової сумісності регульованих напрямків у сигнальних групах, що дозволяє обґрунтувати кількість фаз (сигнальних груп) в режимі регулювання. Запропоновано кількісний показник рівня безпеки руху на перехресті – ступінь конфліктності перехрестя, що враховує схему ОДР на перехресті, пофазовий роз'їзд та інтенсивності транспортних потоків, тип і небезпечність конфліктних точок, а також кількість фаз або сигнальних груп у режимі

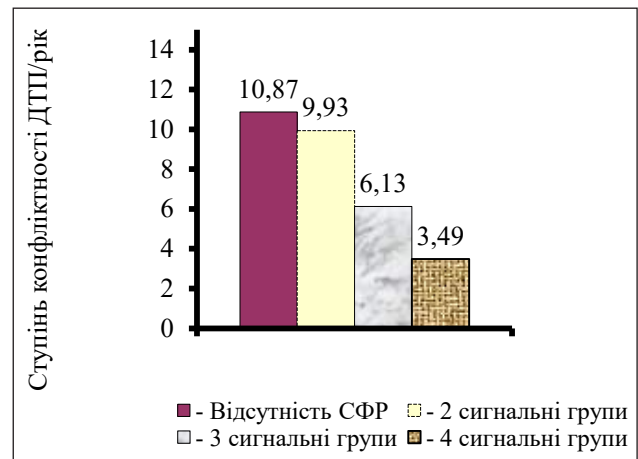


Рис. 10. Ступінь конфліктності на перехресті

регулювання. Розроблені підходи до комплексної оцінки технології управління світлофорною сигналізацією на перехрестях ВДМ, що є основою (базою) для математичного забезпечення систем автоматизованого проектування світлофорних об'єктів.

Список літератури:

1. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. Москва, 1972. 423 с.
2. Кликовштейн Г.И. Организация дорожного движения. Москва, 1981. 240 с.
3. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. Москва, 1991. 183 с.
4. Кременец Ю.А., Печерский М.П. Технические средства регулирования дорожного движения. Москва, 1981. 252 с.
5. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов. Москва, 1990. 240 с.
6. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. Москва, 1966. 286 с.
7. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения. Киев, 1986. 270 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПЕРЕКРЁСТКАХ

В статье рассмотрен метод комплексной оценки режимов светофорного регулирования на перекрестках улично-дорожной сети, учитывающий схемы организации дорожного движения, параметры дорожного движения и условия распределения транспортных потоков согласно выбранным критериям, для усовершенствования технологии управления светофорной сигнализацией.

Ключевые слова: дорожные условия, транспортные потоки, организации дорожного движения, светофорного регулирования, критерий оптимизации, перекресток, моделирование, полоса движения.

RESEARCHING OF ESTIMATION OF TRAFFIC-LIGHT CONTROL MODES AT CROSSROADS

The researching of the method of complex estimation of traffic-light control modes at the intersections of the street-road network is highlighted in the article. This method takes into account the schemes of traffic organization, traffic parameters and conditions of traffic flows distribution according to selected criteria, that allows to improve the technology of control of traffic-light signaling.

Key words: road conditions, traffic flows, traffic management, traffic control, optimization criteria, intersection, modeling, lane movement.

УДК 629.113

Славін В.В.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Симовинюк В.І.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ ПОРУШЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ

У статті представлено результати експериментальних досліджень впливу порушення нормального технічного стану сучасної електронної, статичної системи запалювання на паливну економічність легкового автомобіля, обладнаного електронною системою керування двигуном і системою нейтралізації відпрацьованих газів, у режимах усталеного руху та неробочого ходу.

Ключові слова: автомобільний транспорт, бензиновий двигун, паливна економічність, екологічні норми, система запалювання.

Постановка проблеми. Галузь автомобільного транспорту в Україні продовжує активно розвиватися за рахунок автомобілів як власного виробництва, так і імпортованих із країн ЄС, серед яких є нові та вживані автомобілі, що тривалий час перебувають в експлуатації.

Автомобілі є невід'ємною складовою частиною внутрішньо-економічного потенціалу країни, сприяють зростанню виробництва, забезпечують підвищення мобільності та якості життя населення, здійснюють виробничі функції в усіх галузях господарства, що мають загальнодержавне значення.

Про ріст автомобілізації свідчить кількість автомобілів на 1 000 жителів, яка в Україні знаходиться в межах 202 од. (2016 р.). Цей показник з-поміж країн ЄС на тисячу жителів є вкрай низьким, нормальним вважається рівень автомобілізації від 400 до 500 автомобілів на 1 000 жителів [1, с. 2].

Нині автомобільна транспортна система України налічує більше 9 200 тис. транспортних засобів. Зазвичай серед рухомого складу основне місце належить легковим автомобілям [2, с. 4], транспортні засоби категорії М1, згідно з останніми статистичними дослідженнями, складають 6 900,5 тис. од., що становить близько 71% від усієї кількості.

Закономірно, що більшість легкових автомобілів оснащені силовими агрегатами із двигунами з іскровим запалюванням. Причому на автодорогах

чимало легкових дизелів (20–22%) та автомобілів із бензиновими двигунами зі встановленим газобалонним обладнанням (75 тис. од. станом на 01 січня 2013 р.). Актуальність останніх силових агрегатів обумовлена тим, що дизелі мають кращу паливну економічність і високий крутний момент двигуна, зокрема в режимах малих навантажень, порівняно з бензиновими двигунами, а використання газових палив у якості моторних характеризується багатьма перевагами, серед яких основною є вартість (в середньому 42–43% від вартості бензину марки А-95+) [3, с. 15].

Відповідно до зобов'язань перед Женевською угодою 1958 р., впровадження Правил ЄЕК ООН, частина яких регламентує екологічну безпеку колісних транспортних засобів, Україна на державному рівні регулює поступове введення нових екологічних норм [4, с. 2]. Початок впровадження в Україні європейських екологічних норм передбачає здійснення першої реєстрації та ввезення на митну територію легкових автомобілів із бензиновими двигунами та пристроями зниження токсичності відпрацьованих газів, що відповідають екологічним показникам рівня «Євро-2».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Статистика свідчить, що автопарк України поповнюють вживані автомобілі. За даними асоціації «Укравтопром» [5, с. 1], первинний ринок легкових автомобілів, що були в експлуатації, продовжує планомірно зростати – в останньому місяці 2017 р. було поставлено на облік 6 435 од., що

становить 41% від загальної кількості первинних реєстрацій. За підсумками 2017 р., співвідношення нових і вживаних легкових автомобілів на первинному ринку також становить 59 до 41% відповідно. Протягом 2017 р. ринок майже щомісяця демонстрував зростання, внаслідок було поставлено на український облік 56 тис. 744 од. імпортих легкових автомобілів із пробігом. Це перевищило показник 2016 р. у 3,3 рази [6, с. 2].

Згідно з [6, с. 3], середній термін експлуатації транспортних засобів складає 19,6 років. Наймасовішими автомобілями є ЗАЗи та інші моделі і марки автомобілів із карбюраторними двигунами. Далі йдуть марки Volkswagen, Daewoo, Ford, і Opel [6, с. 3].

Постановка завдання. Позитивна динаміка росту в умовах експлуатації вживаних автомобілів негативно впливає на забруднення повітря міст,

населених пунктів шкідливими викидами відпрацьованих газів. Переважна більшість вживаних автомобілів із країн ЄС мають екологічний рівень 3, 4 або 5 класу, який, на думку власників, зберігається в часі. З пробігом система нейтралізації відпрацьованих газів бензинових двигунів потребує заміни її основних елементів. Тільки каталітичний нейтралізатор має ресурс ефективної роботи при пробігу до 100 тис. км, а λ -датчик може вийти з ладу значно раніше. Тому автомобілі зі значним пробігом потребують проведення якісного технічного обслуговування для підтримки експлуатаційних та екологічних показників на відповідному рівні. Вихід із ладу систем або їх елементів, які впливають на процес сумішоутворення, згоряння погіршують роботу системи нейтралізації відпрацьованих газів або ж призводять до виходу із ладу каталітичного нейтралізатора та λ -датчиків.

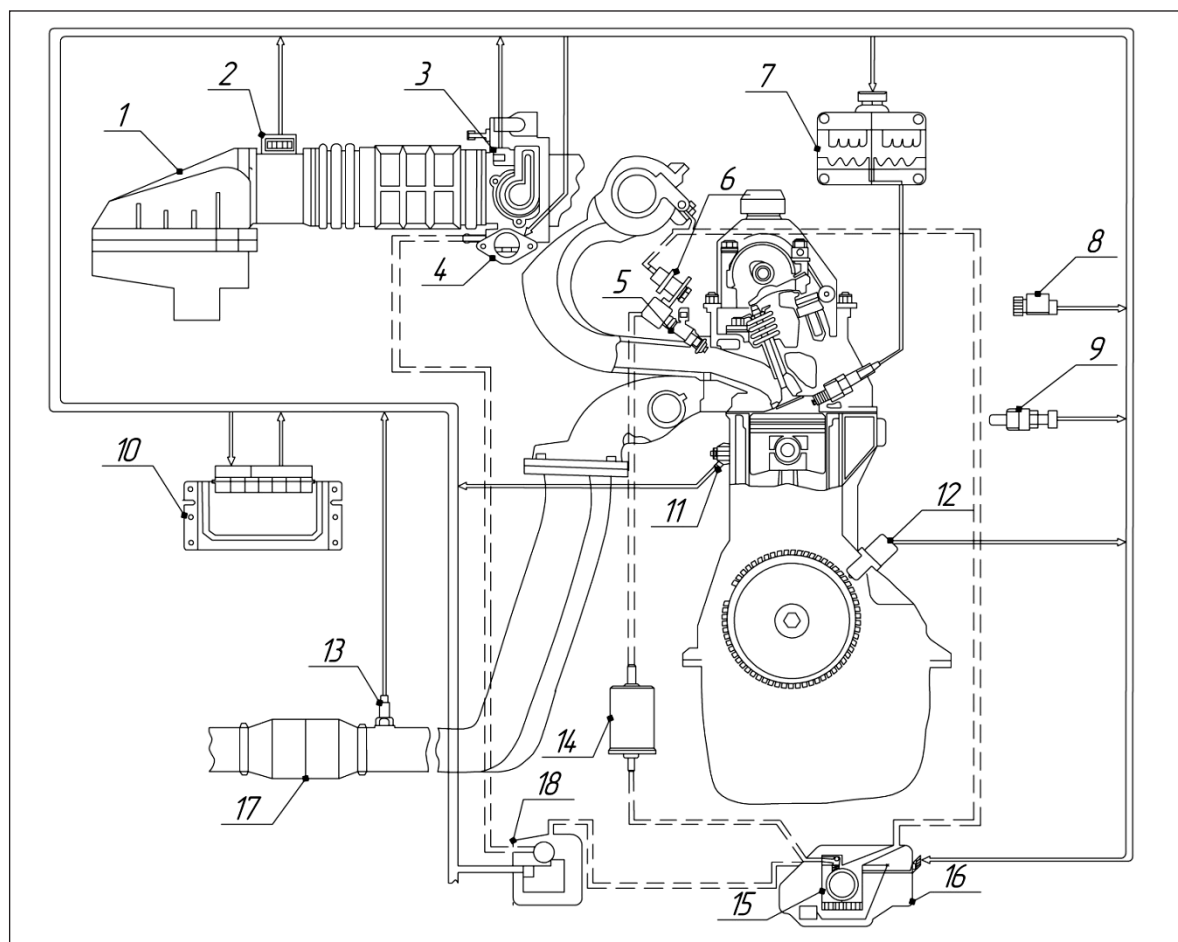


Рис. 1. Система розподіленого впорскування типу LH-Motronic

1 – повітряний фільтр; 2 – датчик масової витрати повітря; 3 – датчик положення дросельної заслінки; 4 – регулятор холостого ходу; 5 – електромагнітна форсунка; 6 – регулятор тиску палива; 7 – модуль запалювання; 8 – датчик швидкості; 9 – датчик температури охолодної рідини; 10 – електронний блок керування; 11 – датчик детонації; 12 – датчик положення колінчастого вала; 13 – λ -датчик (датчик кисню); 14 – паливний фільтр; 15 – модуль паливного насоса; 16 – паливний бак; 17 – каталітичний нейтралізатор; 18 – адсорбер випарів палива з керуючим клапаном

Виклад основного матеріалу дослідження. Для покращення екологічних показників і підтримки сучасних екологічних норм автомобілями, які перебувають в експлуатації з механічними системами живлення, пропонується обладнати їх адаптивними електронними системами впорскування бензину зі зворотнім зв'язком та електронною системою запалювання, яка у роботі з трикомпонентним каталітичним нейтралізатором дозволяє дотримуватися екологічних норм Євро-2 та Євро-3 без конструктивних змін.

Поширення електронних систем впорскування дозволяє отримати високу точність дозування (прецизійність) палива, якісне сумішоутворення (гомогенність) та високу точність розрахунку складу паливо-повітряної суміші залежно від витрати повітря, частоти обертання, температурних та атмосферних умов в усіх режимах роботи двигуна. Під час використання системи впорскування забезпечується робота двигуна за співвідношення повітря/паливо, яке є близьким до стехіометрії, що забезпечує максимальну ефективність системи нейтралізації.

Введення жорсткіших екологічних норм зумовило використання імпульсних електронних систем впорскування (EFI – Electronic Fuel Injection) палива у впускний трубопровід, це – LE-Jetronic, LH-Jetronic і Motronic як інтегрована система керування роботою двигуна (D, LH, M, ME-Motronic). У таких системах впорскування

палива відбувається через форсунку з електромагнітним керуванням, на відміну від попередніх систем із пневмомеханічним керуванням постійного багатоточкового або одноточкового впорскування.

У роботі досліджується адаптивна електронна система впорскування LH-Motronic зі зворотнім зв'язком та електронною системою запалювання.

Адаптивна система впорскування LH-Motronic включає в себе (рис. 1) електронну (статичну) систему запалювання, мікрокомп'ютерне керування кутом випередження запалювання, електронну систему гасіння детонації (knock sensor), систему нейтралізації ВГ зі зворотнім зв'язком у складі ВГ, систему вловлювання випарів бензину (EVAP – Evaporative Emission Control System) [7, с. 32].

Електронний блок керування є центральним пристроєм системи впорскування, який отримує інформацію від датчиків і керує виконавчими механізмами (форсунками, регулятором холостого ходу, клапаном адсорбера, підігрівачем λ -датчика і різними реле), забезпечуючи оптимальну роботу двигуна при заданому рівні показників автомобіля.

Електронний блок керування розраховує імпульс впорскування (мс) форсункою палива за сигналами датчиків: масової витрати повітря; частоти обертання колінчастого вала двигуна; температури охолодної рідини. Електронна система



Рис. 2. Автомобіль з імітованими несправностями системи запалювання

синхронізації частоти обертання колінчастого вала двигуна забезпечує швидкий розрахунок часу та моменту впорскування палива, а також керує робочим процесом у циліндрах двигуна (усунення проявів порушення нормального згоряння).

Електронний блок керування надсилає керуючі імпульси до модуля запалювання, тим самим реалізуючи час зарядження котушки запалювання та момент подачі іскри. Електронний блок керування отримує інформацію від датчиків і надсилає сигнали виконавчим механізмам (електромагнітні форсунки, регулятор холостого ходу, клапан адсорбера, підігрівач λ -датчика) забезпечуючи оптимальну роботу двигуна при заданому рівні показників автомобіля. Електронний блок керування надсилає керуючі імпульси до модуля запалювання, розраховуючи час заряду котушки запалювання та момент подачі іскри.

Однією з важливих систем кожного двигуна з іскровим запалюванням є система запалювання, призначена для забезпечення спалахування стиснутої у циліндрах бензинового двигуна робочої суміші. Спалахування робочої суміші в циліндрах двигуна відбувається за допомогою іскри – електричного розряду високої напруги, що утворюється між електродами свічки запалювання, розміщеної в камері згоряння [8, с. 56].

В автомобільних бензинових двигунах застосовують контактну та безконтактну системи запалювання.

На заміну механічним контактним системам запалювання прийшли електронні статичні системи запалювання.

Електронна система запалювання є статичною, в якій використовуються лише котушка запалювання та спеціальні високовольтні проводи свічок запалювання.

Система запалювання також комплектується частотним датчиком детонації, який визначає циліндр, у якому відбувається детонаційне згоряння, і тут же зменшує кут випередження запалювання (на $2-5^\circ$) до припинення цього явища.

Датчик детонації кріпиться жорстко, найчастіше в робочій зоні 4 циліндра, і реагує на вібрації цих стінок, внаслідок чого формується сигнал, який обробляється блоком керування для формування команд керування кутом запалювання в циліндрах двигуна. Рівень сигналу залежить від частоти й амплітуди детонаційного згоряння. Датчик детонації дозволяє використовувати паливо із нижчим октановим числом, за відповідних змін таблиці кутів випередження запалювання.

Для визначення впливу несправності системи запалювання (модуля запалювання) автомобіля з електронною системою впорскування бензину на його паливну економічність проведені випробування з імітованими несправностями (рис. 2).

Перший етап дорожніх випробувань полягав у визначенні паливної характеристики автомобіля з технічно справним станом. Умови виконання

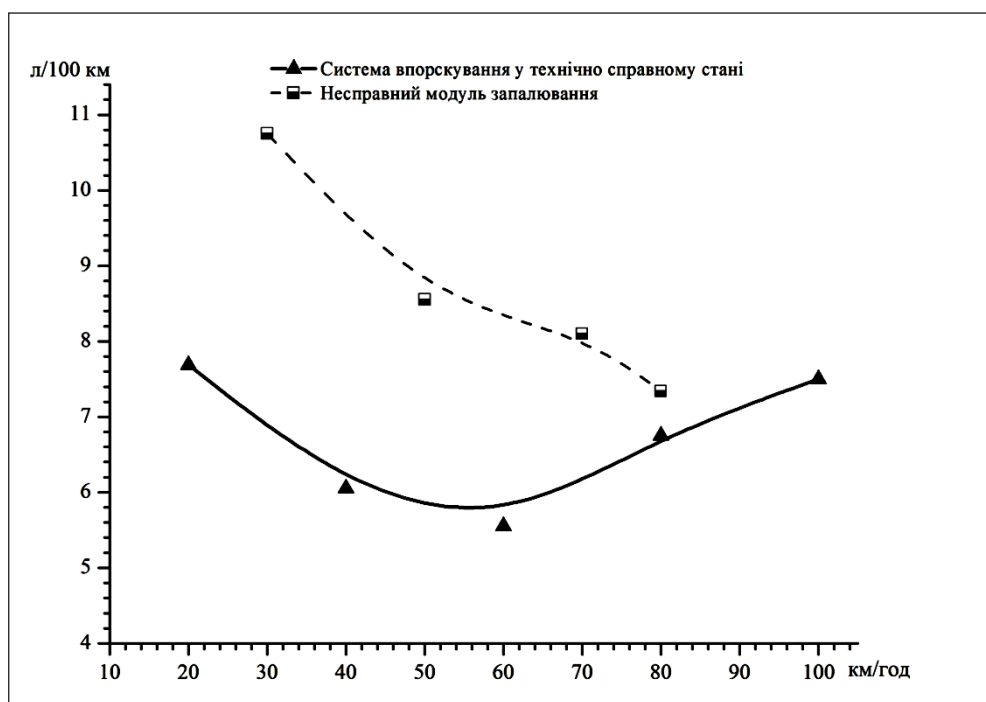


Рис. 3. Паливна характеристика автомобіля з несправним модулем запалювання

заїздів та ділянка дороги підготовлені згідно з ГОСТ 20306-90. Визначення витрат палива в режимах руху та холостого ходу здійснювалися витратоміром палива об'ємного типу. Усталений рух автомобіля виконувався в діапазоні швидкостей від 20 до 100 км/год, які є поширеними в умовах експлуатації.

Паливна характеристика автомобіля визначалася за відсутності іскрового розряду на свічці запалювання одного циліндра [9, с. 15].

Як видно з рис. 3, порушення запалювання робочої суміші в одному циліндрі чотирициліндрового двигуна спричиняє значне погіршення паливної економічності автомобіля. У межах швидкостей руху від 30 до 80 км/год несправний модуль запалювання спричиняє зростання витрати палива в середньому на 35,33 %. За таких порушень роботи системи запалювання паливо, яке не згоріло, змиває оливну плівку з робочих поверхонь циліндрів двигуна і надходить у випускную систему до порожнин каталітичного нейтралізатора, здійснюючи їх прискорене спрацювання.

Модуль запалювання складається з двох двовивідних котушок запалювання і двоканального комутатора. Різні порушення в системі запалювання пов'язані з виходом з ладу однієї або двох котушок запалювання. У разі виходу з ладу однієї котушки іскровий розряд буде лише на двох циліндрах. У режимі мінімального холостого ходу витрата палива при несправному модулі запалювання зростає на 20%, через відсутність згоряння палива в одному циліндрі двигуна.

Висновки. Таким чином, у роботі засвідчено, що автомобілізація відбувається швидкими темпами; ріст помітний не лише за кількісними, а і за якісними показниками. Серед рухомого складу більшість автомобілів належить до класу легкових. Негативним явищем є старіння автопарку країни, який посилюється ввезенням із країн ЄС вживаних автомобілів. Така ситуація не сприятиме зниженню викидів шкідливих речовин із відпрацьованими газами автомобільних двигунів. Одним із заходів підтримки екологічних та експлуатаційних показників автомобілів, що перебувають в експлуатації, є використання ціленаправлених заходів щодо збереження показників роботи автомобілів у межах допустимих норм. На практиці для поліпшення екологічних показників автомобілів, які перебувають в експлуатації із застарілими механічними системами живлення, можна використовувати в якості переобладнання електронні системи впорскування бензину зі зворотнім зв'язком та системою нейтралізації відпрацьованих газів. Однією з виконавчих систем електронного впорскування палива є система запалювання. Визначено, що відсутність іскрового розряду лише на одній свічці запалювання чотирициліндрового двигуна спричиняє зростання витрати палива в середньому, за характеристикою усталеного руху, на 35,33%. Відсутність згоряння палива в одному циліндрі чотирициліндрового двигуна в режимі мінімального неробочого ходу підвищує витрату на 20%.

Список літератури:

1. Середній вік автомобілів в Україні збільшився до 19,6 років. Київ. 2018. URL: <http://fra.org.ua/uk/an/publikatsii>.
2. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту. Київ. 2018.
3. URL: <https://mtu.gov.ua/content>.
4. Славін В.В. Вплив технічного стану елементів системи впорскування бензину на паливну економічність двигуна в режимі мінімальної частоти холостого ходу. Вісник Хмельницького національного університету: технічні науки. 2017. Вип. 2. С. 34–38.
5. Міжнародні організації, конвенції та багатосторонні угоди в галузі транспорту: навчальний посібник / за ред. А.М. Редзюка. Київ: ДП Державтотранс НДІ проект», 2009. Т.1. 208 с.
6. Ринок автомобілів – підсумки 2017 року. Київ. 2018.
7. URL: <http://ukrautoprom.com.ua>.
8. В Украине вырос уровень автомобилизации. Лидирует Киев. Київ. 2018.
9. URL: <http://www.autoconsulting.com.ua>.
10. Славін В.В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів використанням сучасних систем впорскування бензину: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Київ, 2014. 209 с.
11. Сирота В.І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія. Київ: Арістей, 2007. 288 с.
12. Славін В.В. Паливна характеристика автомобіля з несправними виконавчими елементами електронної системи керування двигуном. Автошляховик України. Київ. 2017. № 3.С. 28–32.

ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ ПРИ НАРУШЕНИИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния нарушения нормального технического состояния современной электронной, статической системы зажигания на топливную экономичность легкового автомобиля, оборудованного электронной системой управления двигателем и системой нейтрализации отработанных газов, в режимах установившегося движения и холостого хода.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, бензиновый двигатель, топливная экономичность, экологические нормы, система зажигания.

THE FUEL EFFICIENCY OF THE AUTOMOBILE AFTER OPERATING IRREGULARITY OF THE IGNITION ELECTRONICS

The article presents the results of experimental studies of the effect of a violation of the normal technical state of a modern electronic static ignition system on the fuel economy of automobile equipped with an electronic engine management system and an exhaust gas neutralization system in operational modes of operation.

Key words: highway transport, petrol engine, fuel efficiency, ecostandard, ignition system.

МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОНФЛИКТНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В статье исследуются механизмы управления транспортными потоками с учетом динамики состояния транспортной системы города. Приведена графическая и математическая формализация фазовых состояний и переходов конфликтных транспортных потоков, разработана базисная модель управления этими потоками в фазовых переходах.

Ключевые слова: конфликтные транспортные потоки, фазовый переход, коэффициент реверсивности, матричная модель, состояние транспортной системы.

Постановка проблемы. Применяемые в настоящее время механизмы управления конфликтными ситуациями транспортных потоков в городской среде в условиях существенного повышения плотности движения, вызванного значительным приростом числа автомобилей, перестали быть эффективными. Свидетельством этого являются ежедневные многочасовые заторы и пробки почти во всех крупных городах мира. Основой возникновения этих процессов является недостаточное изучение природы взаимного влияния конфликтных транспортных потоков и условий городской транспортно-логистической среды.

Несмотря на существующие механизмы решения, проблемы выявления природы возникновения «конфликтов» в транспортном потоке и закономерности их влияния на формирование городского трафика остаются недостаточно изученными.

Решение проблемы обеспечения эффективности управления транспортными потоками в условиях городской среды промышленного района осложняется в связи с техническим и моральным устареванием планировочной структуры улично-дорожного комплекса. Поэтому наиболее эффективными в сложившихся условиях являются организационные и технологические решения, ориентированные на повышение эффективности и организованности транспортных процессов [1, с. 456].

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ результатов исследований транспортных потоков отечественными и зарубежными учеными позволяет выделить несколько направлений (теорий).

Одной из наиболее часто используемых в качестве базы для исследований движения транспортных потоков является теория, основанная на гидродинамической аналогии – модель Лайтхилла-Уизема. Основная гипотеза гидродинамической теории состоит в том, что в любой точке дороги расход (автомобили в час) есть функция плотности (автомобили на милю) [2, с. 3]. Очевидным недостатком этой теории является невозможность учета особенностей структуры транспортного потока на его поведение.

Многие авторы в своих исследованиях проводили изучение лишь некоторых характерных особенностей транспортных потоков для конкретных условий (В.К. Губенко, А.А. Лямзин) [3, с. 152–154].

Возникающим противоречиям между реальными данными и их воспроизведениями в основных моделях транспортных потоков, выбору адекватных моделей посвящены работы Д. Кастильо, Ф. Бенитеза, Р. Германа, И. Пригожина, В. Зырянова [4, с. 549–550]. Исследование и предсказание перехода транспортного потока от свободного состояния отражено в альтернативной теории транспортных потоков Б. Кернера [5, с. 19–37].

Постановка задачи. В качестве базы для моделирования конфликтных транспортных потоков в условиях городской среды определена теория трех фаз транспортного потока Кернера, которая рассматривает фазовые переходы транспортного потока: свободное движение – умеренное движение – затрудненное движение (рис. 1).

Также в исследовании необходимо учитывать характерные условия городской среды промышленного района.

В транспортной системе промышленного района многие процессы являются массовыми; они характеризуются закономерностями, которые не обнаруживаются на основании лишь одного или нескольких наблюдений. Поэтому моделирование должно опираться на массовые наблюдения.

Другая проблема порождается динамичностью рынка транспортных услуг в условиях городской среды, изменчивостью его параметров и структурных отношений. Вследствие этого процессы, протекающие в транспортной системе промышленного района, приходится постоянно держать под наблюдением, необходимо иметь устойчивый поток новых данных. Поскольку наблюдения за процессами и обработка эмпирических данных обычно занимают довольно много времени, то при построении математических моделей деятельности транспортных систем в условиях городской среды требуется корректировать исходную информацию с учетом ее запаздывания.

Таким образом, необходимо выделить спектр проблем и задач требующих своего решения:

1) формализация процесса движения транспортного потока в городской среде невозможна без использования сложного математического аппарата;

2) систематизация экспериментального материала о движении транспортных потоков на улицах и дорогах, который необходимо в дальнейшем использовать как основу для выдвижения гипотез о закономерностях движения транспортных потоков и формировании новых теорий.

То есть необходима разработка механизма управления конфликтными транспортными потоками в фазовых переходах в условиях городской среды.

Изложение основного материала исследования. Для формирования математического базиса механизма обеспечения стабильности фазовых состояний транспортных потоков наиболее целесообразно применение универсального языка и алгоритмов на основе агрегатного подхода [6]. Данный подход позволяет рассматривать с единых позиций процесс перехода из одной фазы в другую транспортных средств с индивидуальным поведением в городской среде (на макро- и микроуровнях). При этом учитывается свойство реверсивности транспортных потоков промышленного района как характеристика полинаправленности векторов движения транспортных потоков на ограниченном временном отрезке.

Для математической записи рангового распределения фазовых состояний транспортных

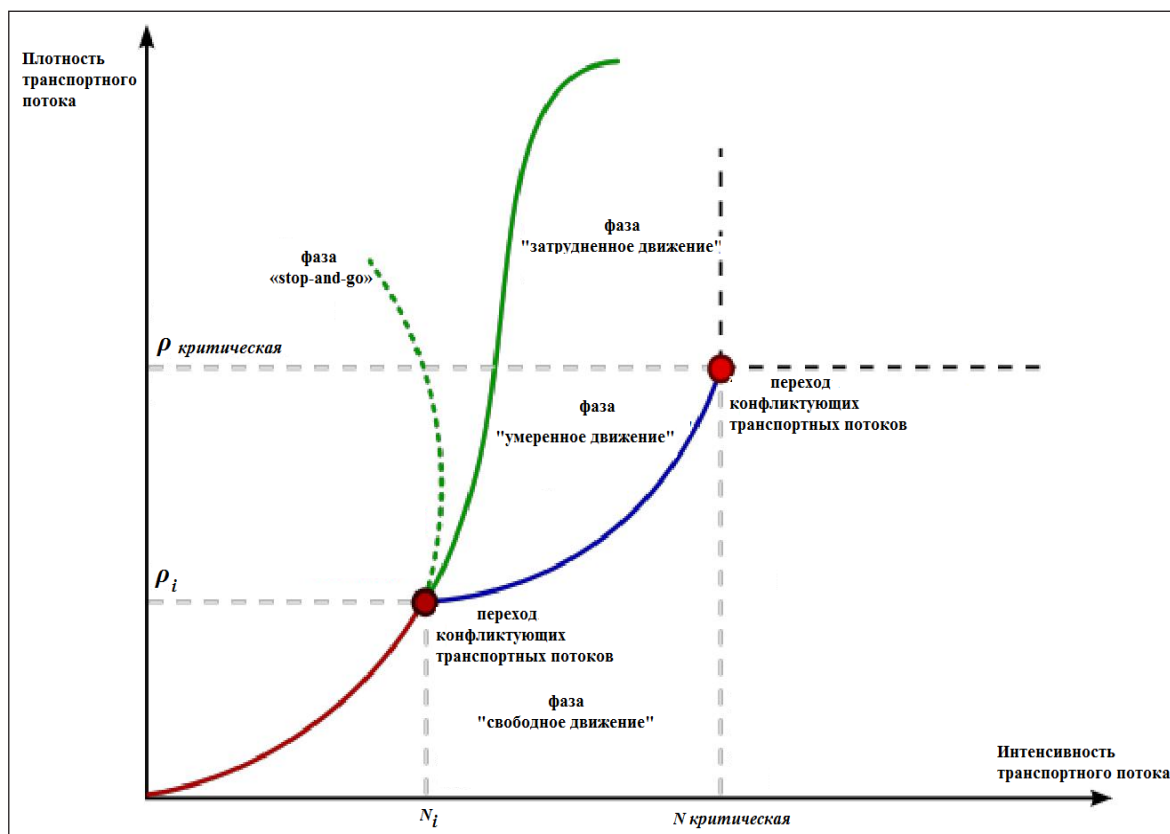


Рис. 1. Фазовые переходы транспортных потоков в городской среде

средств в исследуемой среде используется следующая модель:

$$W(\beta) = \frac{W_1}{\beta^r} \quad (1)$$

где $W(\beta)$ – значение коэффициента реверсивности транспортных единиц с рангом r в городской среде;

W_1 – значение коэффициента реверсивности транспортных единиц первого ранга (объект с максимальным значением коэффициента реверсивности);

β^r – ранговый коэффициент, характеризующий форму кривой Н – распределения.

В качестве критерия близости искомой функции в методе наименьших модулей используется минимум суммы модулей разностей эмпирических и теоретических данных:

$$E_1 = \sum_{r=1}^n \left| \widehat{W}_r - \frac{W_1}{r\beta} \right|, \quad (2)$$

где \widehat{W}_r – фактическое значение коэффициента реверсивности транспортных единиц.

Суть метода наименьших квадратов заключается в отыскании параметров аналитической зависимости, которые минимизируют сумму квадратов отклонений эмпирических значений от величин, рассчитанных по аппроксимирующей зависимости. Целевая функция при этом имеет следующий вид:

$$E_2 = \sum_{r=1}^n \left| \widehat{W}_r - \frac{W_1}{r\beta} \right|^2, \quad (3)$$

Формируя алгоритмы решения поставленной задачи, выполняя дифференцирование и приравнявая полученные производные к нулю, после несложных преобразований можно записать выражения для параметров W_1 и r , обеспечивающих минимум функции:

$$r = - \frac{\sum_{\beta=1}^n \ln \widehat{W}_\beta \ln \beta - n \sum_{\beta=1}^n (\ln \widehat{W}_\beta \ln \beta)}{(\sum_{\beta=1}^n \ln \widehat{W}_\beta \ln \beta)^2 - \sum_{\beta=1}^n \ln \beta - n \sum_{\beta=1}^n (\ln \beta)^2} \quad (4)$$

$$W_1 = e^{\frac{1}{n} \left[\sum_{\beta=1}^n \ln \widehat{W}_\beta + \beta \sum_{\beta=1}^n \ln \beta \right]} \quad (5)$$

На основании математических инструментов макро- и микроанализа, в соответствии с методикой, представленной выше, строятся ранговые параметрические распределения для соответствующих уровней многомерного куба фазовых состояний и переходов (рис. 2).

Гауссовой доверительный интервал определяется из выражения:

$$W_G = \left(\int_{\beta_1}^{\beta_2} W^g(\beta) d\beta \right) - (\beta_1 - \beta_2) W_2 \quad (6)$$

где $W(\beta)$ – ранговое параметрическое распределение (микроуровень куба фазовых состояний);

$W^g(\beta)$ – гауссово распределение параметров на уровне фазы n исследуемой группы транспорт-

ных единиц в городской среде, построенное в ранговой дифференциальной форме;

W_2 – значение исследуемого параметра правой ранговой границе на уровне фазы n исследуемой группы транспортных средств.

Соответственно системный доверительный интервал определяется как:

$$W_z = \left(\int_{\beta_1}^{\beta_2} (W(\beta) - W^g(\beta)) d\beta \right) \quad (7)$$

В итоге получаем отношение системного и гауссового доверительных интервалов, которое называется коэффициентом когерентности:

$$K_{GZ} = \lim(KC \rightarrow KO) \frac{W_z}{W_G} \cong \frac{\Delta W_z}{\Delta W_G} \quad (8)$$

где KC – количество секторов в кубе;

KO – количество исследуемых объектов;

ΔW_z – системный доверительный интервал объекта;

ΔW_G – гауссовой доверительный интервал.

На основании полученных результатов исследований и расчетов приведенного выше механизма в одном из районов городской среды на примере г. Мариуполя составлены соответствующие графики (рис. 3)

Полученные результаты позволяют отметить низкую фазовую стабильность в первой ранговой группе – фаза «старт и стоп». Для получения универсальной оценки состояния транспортного потока в этой фазе использовалась программа Sta Tran 4.0 – Статистическая обработка данных транспортного мониторинга.

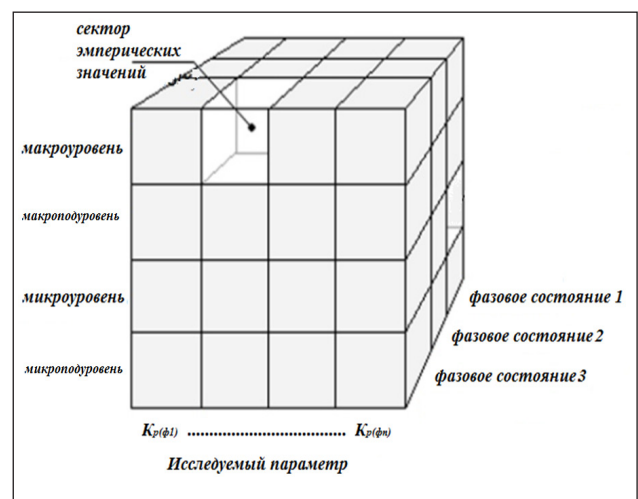


Рис. 2. Многомерный куб фазовых состояний и переходов конфликтных транспортных потоков в городской среде

$K_{p(\phi_n)}$ – коэффициент реверсивности транспортных потоков на исследуемой фазе перехода в городской среде

Визуальные наблюдения в рамках исследования позволили определить основные типы конфликтных ситуаций, возникающих на дороге в городской среде. Их всего шесть, которые, в свою очередь, распределены по «родовым группам».

Для исследуемого процесса характерна высокая динамичность, что предопределило низкую устойчивость фазовых переходов конфликтных транспортных потоков в городской среде, а также низкий уровень управляемости. Поэтому для управления конфликтными транспортными потоками в рассматриваемых условиях необходима разработка механизма, учитывающего природу транспортных потоков промышленного района и

способного к адаптации к динамично изменяющимся условиям городской среды.

На основе комплексного применения симплекс-метода и теории графов рекомендуется использовать в качестве базовой модели особую матрицу (рис. 4).

Формализованная запись эффективности транспортных процессов в городской среде в этом случае может иметь следующий вид:

$$f_i^{эф} = \{z_m k_n; \dots; z_{m+1} k_{n+1}\} \Rightarrow \min, \quad (9)$$

где i – вариант развития транспортного процесса в городской среде.

Помимо матричной формы, состояние транспортной системы в условиях городской среды может быть представлено в виде линейной модели:

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_{1-I} & x_{1-II} & x_{1-III} & x_{1-IV} \\ x_{2-I} & x_{2-II} & x_{2-III} & x_{2-IV} \\ x_{3-I} & x_{3-II} & x_{3-III} & x_{3-IV} \\ x_{4-I} & x_{4-II} & x_{4-III} & x_{4-IV} \end{vmatrix} \quad (10)$$

где x_{i-j} – состояние транспортной системы в фазовых переходах в условиях конфликтных транспортных потоков в городской среде.

Представленная выше матричная модель является основой для экспериментальной апробации предложенного механизма управления конфликтными транспортными потоками в реальных условиях с учетом особенностей городской среды промышленного узла.

Выводы. Разработанный механизм обеспечения эффективности управления конфликтными транспортными потоками в условиях городской среды является адаптивным. Также он учитывает особенности структуры транспортного потока промышленного узла. Решения, выработанные с применением данного механизма, должны обеспечивать упреждение негативных транспортных ситуаций.

В заключение целесообразно процитировать одного из ведущих специалистов в области транспортного моделирования Деноса Газиса, который еще в 1972 г. определил главный принцип моделей управления (распределения) транспортных потоков [7, с. 475]: «Мы создали сложную математическую теорию по поводу того, что делать с массой автомобилей, которая скопилась на ограниченном пространстве улично-дорожной сети городских центров, и выработали на ее основе некоторые полезные инженерные рецепты. Но для дальнейшего продвижения нам невозможно избежать вопроса: может быть, лучше всем этим автомобилям одновременно там не собираться?».

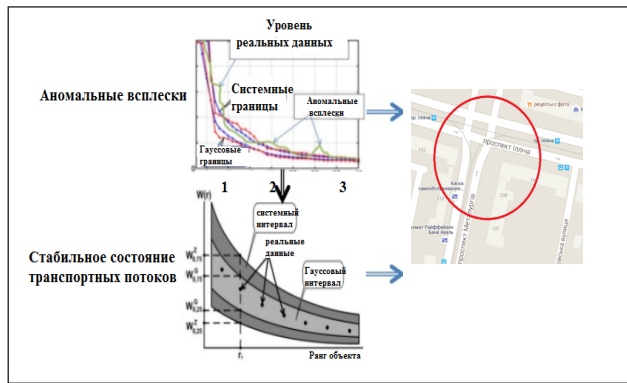


Рис. 3. Результаты исследований стабильности фазовых состояний транспортных потоков (на примере участка промышленного района г. Мариуполя)

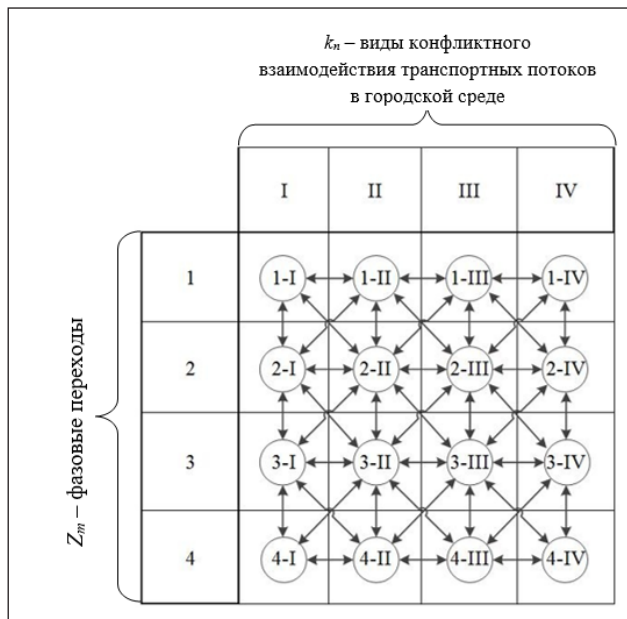


Рис. 4. Адапционная базисная матричная модель управления транспортными потоками в точках фазового перехода в условиях городской среды

Список літератури:

1. Ukrainskyi Ye. Information management systems by commercial transport flows in the city logistics environment. Transport problems 2013: Materials of the V international conference (Katowice, 26–28 of June 2013). Katowice, 2013. P. 455–460.
2. Семенов В.В. Смена парадигмы в теории транспортных потоков. Москва: ИПИМ им. М.В. Келдыша РАН, 2006. 32 с.
3. Hubenko V.K., Lyamzin A.A., Hara M.V. The effectiveness of the route network of industrial zones in the urban logistics. Transport problems 2013: Materials of the V international conference (Katowice, 26–28 of June 2013). Katowice, 2013. P. 150–156.
4. Зырянов В.В. Моделирование при транспортном обслуживании мега-событий. Инженерный вестник Дона. 2011. № 4. С. 548–551. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/709>.
5. Kerner B.S. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control. Berlin: Springer, 2009. 265 p.
6. Bob Rupert, Jim Wright, Pierre Pretorius, Greg Cook and others. Traveler Information Systems in Europe. Office of International Programs Publications. 2003. URL: <https://international.fhwa.dot.gov/travelinfo>.
7. Вукан Р. Вучик. Транспорт в городах, удобных для жизни. Москва, 2011. 576 с.

**МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ КОНФЛІКТНИМИ
ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ В УМОВАХ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

У статті досліджуються механізми керування транспортними потоками з урахуванням динаміки стану транспортної системи міста. Наведено графічну і математичну формалізацію фазових станів і переходів конфліктних транспортних потоків, розроблено базисну модель управління цими потоками у фазових переходах.

Ключові слова: конфліктні транспортні потоки, фазовий перехід, коефіцієнт реверсивності, матрична модель, стан транспортної системи.

**EFFICIENCY MECHANISM OF CONFLICT TRANSPORT FLOWS
MANAGEMENT IN URBAN ENVIRONMENT**

The approaches and mechanisms of transport flows management taking into account the dynamics of the urban transport system state are investigated in the article. Graphical and mathematical formalization of phase states and transitions of the conflict traffic flows is presented. The basic model of traffic flows control in phase transitions is developed.

Key words: conflict traffic flow, phase transition, coefficient of reversibility, matrix model, transport system state.

УДК 629.4.02

Фомін О.В.

Державний економіко-технологічний університет транспорту

Горбунов М.І.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Бурлуцький О.В.

Український державний університет залізничного транспорту

Логвіненко О.А.

Український державний університет залізничного транспорту

Фоміна А.М.

ПАТ «Укрзалізниця»

МАТЕМАТИЧНЕ ОПИСАННЯ ТЕРМІЧНОЇ ПРАВКИ ВАГОННИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

Зазначені важливість залізничного транспорту України в її загальній транспортній системі, а також його провідна роль у здійсненні внутрішньодержавних та зовнішньодержавних економічних зв'язків країни. Обґрунтована доцільність оновлення наявного вагонного парку залізниць України. Зазначена важлива роль технологічного процесу зварювання при виробництві нових та модернізації наявних одиниць вагонного парку. Зумовлений напрям зменшення деформацій вагонних металоконструкцій, які виникають у процесі їх зварювання, скерований на використання термічної правки з місцевим нагріванням. Представлене математичне описання термічної правки вагонних металоконструкцій. Як приклад наведені узагальнені математичні моделі, отримані в результаті математичного моделювання процесу термічної правки основних металоконструкцій вантажних вагонів.

Ключові слова: залізничний транспорт, рухомий склад, вагонний парк, зварювання, вагонні металоконструкції, післязварні деформації, термічна правка, математичне описання, математичні моделі.

Постановка проблеми. Залізничний транспорт України є базовою галуззю національної економіки та основою її транспортної системи. Він відіграє провідну роль у здійсненні внутрішньодержавних і значну – зовнішньодержавних економічних зв'язків України. Його стабільне та ефективне функціонування є необхідною умовою для забезпечення обороноздатності, національної безпеки і цілісності держави, підвищення рівня життя населення. На нього припадає понад дві третини загального вантажо- та пасажирообігу. Він поєднує у собі важливі техніко-економічні показники: регулярність руху і високу швидкість перевезень, велику пропускну і провізну спроможність [1–6]. Водночас залізничний транспорт України, як вважають експерти, є найменш впливовим у плані екології до навколишнього середовища.

У сучасних умовах господарювання, конкуренції зі сторін інших видів транспорту та закордонних залізничних компаній перед вітчизняними залізницями гостро стоїть проблема постійного підвищення ефективності використання їх рухомого складу, більшість якого приходить на вагонний парк. Нині наявні вагони вітчизняного вагонного парку залізниць є застарілими та надмірно зношеними і не можуть повною мірою задовольнити потреби клієнтів у вантажних перевезеннях. Водночас технічний стан багатьох із них є загрозою безпеки їх руху. Отже, перед ПАТ «Укрзалізниця» гостро постає питання з оновлення наявного парку вагонів, яке полягає в придбанні у приватних вагонобудівників або виробництві на власних підприємствах відповідних вагонів.

Як було зазначено у роботах [7–9], основним технологічним процесом у вагонобудуванні при виробництві та подальшому ремонті вагонів є зварювання. Нині найважливішою умовою вдосконалення зварювального виробництва є не тільки розвиток теоретичних основ зварювання з використанням новітніх досягнень у різних галузях фундаментальних і прикладних наук, а й створення високоефективних методів і засобів моделювання та імітації зварювальних процесів. Застосування математичних методів та математичного моделювання зварювальних процесів перетворилося на потужний інструментарій досліджень і пізнання процесів, що відбуваються в складних технологічних системах, що дає змогу не тільки отримати формалізований опис їх основних закономірностей, а й ефективно керувати ними. Математичне моделювання дає змогу оптимізувати умови протікання процесу утворення зварного з'єднання, запобігти появі недопустимих дефектів зварних швів, з'єднань конструкцій і одночасно підвищити продуктивність зварювальних операцій. Тому проблема підвищення продуктивності праці і зниження собівартості виготовлення продукції завжди була і буде в центрі уваги будь-якого виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що одним з економічно доцільних шляхів зі зменшення деформацій вагонних металоконструкцій, які виникають у процесі їх зварювання, є використання термічної правки, а саме правки з місцевим нагріванням [6–9]. Водночас вирішення задачі, пов'язаної з удосконаленням технології виробництва та ремонту вагонів шляхом наукового обґрунтування термічної правки їх елементів на сучасному рівні, доцільно здійснювати з використанням підходів та методів теорії оптимізації [10; 11], а саме оптимізаційного дослідження процесу термічної правки з метою зменшення деформацій, які виникають у процесі виготовлення вагонних металоконструкцій. У загальному представленні теорія оптимізації націлена на знаходження та ідентифікацію найкращих варіантів із безлічі наявних альтернативних рішень за допомогою відповідних чисельних методів, використання яких дає змогу не виконувати в процесі пошуку повне перебирання й оцінювання всіх можливих варіантів. При цьому одна з основних ролей приділяється математичному моделюванню, яке полягає в застосуванні під час оптимізаційного дослідження об'єктних математичних моделей, а також методів і алгоритмів їхнього дослідження (пошуку оптимального рішення).

Постановка завдання. Метою статті є математичне описання термічної правки вагонних металоконструкцій.

Викладення основного матеріалу дослідження. У напрямі досягнення зазначеної мети авторами було запропоновано узагальнений математичний запис задачі оптимізаційного дослідження процесу термічної правки вагонних металоконструкцій із метою зменшення їх післязварних деформацій [12–15] як задачі багатомірної оптимізації з обмеженнями. У загальній постановці метою оптимізаційного дослідження є визначення вектору керованих параметрів $\bar{X}^*(x_1, x_2, \dots, x_n)$, який називається оптимальною точкою і задовольняє усім заданим обмеженням, при яких досягається екстремальне значення цільової функції (ЦФ) $F^*(\bar{X})$ – значення ЦФ в оптимальній точці.

Загальний запис такої задачі для будь-якої вагонної металоконструкції має такий вигляд:

$$\begin{aligned} F(\bar{X}) &\rightarrow \text{extremum} \\ \bar{X} &\in D_x \in D \end{aligned} \quad (1)$$

де F – головний критерій оптимальності, який обрано відповідно до основної мети оптимізаційного дослідження;

\bar{X} – вектор змінних параметрів $(x_1, x_2, x_3 \dots x_n)$, варіювання якими призводить до зміни головного критерію F . При цьому залежність (2.2) має назву цільової функції (функції відгуку);

D – область можливих рішень (область оптимізації), яка обмежується межами варіювання змінних факторів x_i (керованих змінних) без урахування функціональних обмежень, а саме параметричними (прямими) обмеженнями $(x_{imax} x_{imin})$;

$$D_x = \{ \bar{X} \mid \varphi(x) = 0 \dots \varphi(x) > 0, x_{imin} \leq x_i \leq x_{imax} \ i \in [1:n] \} \quad (2)$$

D_x – область допустимих рішень, яка обмежується функціональними (вторинними критеріями, які подаються у формі рівностей $\varphi(x) = 0$ чи нерівностей $\varphi(x) > 0$) та параметричними обмеженнями і в якій відшукується прийнятне (допустиме) рішення:

$$D_x = \{ \bar{X} \mid \varphi(x) = 0 \dots \varphi(x) > 0, x_{imin} \leq x_i \leq x_{imax} \ i \in [1:n] \} \quad (3)$$

Зрештою, задача оптимізаційного дослідження зводиться до визначення оптимальних значень змінних факторів $(x_1^*, x_2^*, x_3 \dots x_n^*)$, при яких задовольняються параметричні та функціональні обмеження, а цільова функція прийме екстремальне (умовноекстремальне або раціональне) значення.

Проведені попередні дослідження показали, що стосовно до задачі оптимізаційного дослідження процесу термічної правки вагонних металокопункцій із метою зменшення їх післязварних деформацій, як головний критерій оптимальності доцільно використовувати величину прогину f , який є основною зварювальною деформацією, що має місце при виготовленні вагонних металокопункцій.

З урахуванням вибраного критерію загальний запис задачі оптимізаційного дослідження термічної правки з метою зниження післязварних деформацій буде мати такий вигляд:

$$f(\bar{X}) \rightarrow \min \quad (4)$$

$$\bar{X} \in D_x \in D$$

де область можливих рішень D визначається межами відповідних значень змінних факторів X_i (параметричними обмеженнями):

– X_{Ba} , X_{Dd} , $X_{Шe}$ – змінні параметри, які характеризують геометричні розміри плям нагріву, а саме висоту, довжину та ширину;

– $X_{Пj}$ – змінний параметр, який характеризує кількість плям нагріву;

– $X_{Тк}$ – змінний параметр, який характеризує температуру нагрівання T при термічній правці.

З урахуванням вищевказаної області можливих рішень D можна представити у такому вигляді:

$$D = \left\{ \bar{X} \left| \begin{array}{l} X_{Ba \min} \leq X_{Ba} \leq X_{Ba \max} \quad X_{Dd \min} \leq X_{Dd} \leq X_{Dd \max} \quad X_{Шe \min} \leq X_{Шe} \leq X_{Шe \max} \\ X_{Пj \min} \leq X_{Пj} \leq X_{Пj \max} \quad X_{Тк \min} \leq X_{Тк} \leq X_{Тк \max} \quad a \in [1:n], d \in [1:c], e \in [1:s], \\ j \in [1:h], k \in [1:m] \end{array} \right. \right\} \quad (5)$$

Область допустимих рішень D_x , в якій знаходиться шукане рішення, виділяється з області D функціональними вимогами (обмеженнями вторинних критеріїв). Попередні дослідження показали, що як зазначені критерії та їх відповідні обмеження доцільно розглядати:

– σ_{max} – найбільше напруження в небезпечному перерізі металокопункції, яке не має перевищувати допустиме напруження $[\sigma]$ для обраного матеріалу;

– C_{max} – жорсткість, значення якої не має перевищувати допустиме $[c]$;

– $\sigma_{cm.max}$ – стійкість, значення якої не має перевищувати допустиме $[\sigma_{cm}]$;

– E – коефіцієнт пропорційності (модуль повздовжньої пружності, модуль пружності першого роду, модуль Юнга), який обирається залежно від матеріалу і для сталі дорівнює E_{cm} ;

– η – ефективний ККД нагріву металокопункції (знаходиться в межах від η_{min} до η_{max}).

Тоді область допустимих рішень D_x прийме такий вигляд:

$$D_x = \left\{ \bar{X} \left| \begin{array}{l} \sigma_{max} \leq [\sigma], c_{max} \leq [c], \sigma_{cm \max} \leq [\sigma_{cm \max}], E = E_{cm}, \eta \geq \eta_{min}, \eta \leq \eta_{max} \\ X_{Ba \min} \leq X_{Ba} \leq X_{Ba \max} \quad X_{Dd \min} \leq X_{Dd} \leq X_{Dd \max} \quad X_{Шe \min} \leq X_{Шe} \leq X_{Шe \max} \\ X_{Пj \min} \leq X_{Пj} \leq X_{Пj \max} \quad X_{Тк \min} \leq X_{Тк} \leq X_{Тк \max} \quad a \in [1:n], d \in [1:c], e \in [1:s], \\ j \in [1:h], k \in [1:m] \end{array} \right. \right\} \quad (6)$$

А загальний вид оптимізаційного дослідження термічної правки вагонних металокопункцій матиме такий вигляд:

$$f(\bar{X}) \rightarrow \min$$

$$\bar{X} \in D_x \in D$$

$$D = \left\{ \bar{X} \left| \begin{array}{l} X_{Ba \min} \leq X_{Ba} \leq X_{Ba \max} \quad X_{Dd \min} \leq X_{Dd} \leq X_{Dd \max} \quad X_{Шe \min} \leq X_{Шe} \leq X_{Шe \max} \\ X_{Пj \min} \leq X_{Пj} \leq X_{Пj \max} \quad X_{Тк \min} \leq X_{Тк} \leq X_{Тк \max} \quad a \in [1:n], d \in [1:c], e \in [1:s], \\ j \in [1:h], k \in [1:m] \end{array} \right. \right\}$$

$$D_x = \left\{ \bar{X} \left| \begin{array}{l} \sigma_{max} \leq [\sigma], c_{max} \leq [c], \sigma_{cm \max} \leq [\sigma_{cm \max}], E = E_{cm}, \eta \geq \eta_{min}, \eta \leq \eta_{max} \\ X_{Ba \min} \leq X_{Ba} \leq X_{Ba \max} \quad X_{Dd \min} \leq X_{Dd} \leq X_{Dd \max} \quad X_{Шe \min} \leq X_{Шe} \leq X_{Шe \max} \\ X_{Пj \min} \leq X_{Пj} \leq X_{Пj \max} \quad X_{Тк \min} \leq X_{Тк} \leq X_{Тк \max} \quad a \in [1:n], d \in [1:c], e \in [1:s], \\ j \in [1:h], k \in [1:m] \end{array} \right. \right\} \quad (7)$$

Розрахунок величини прогину зварної металокопункції вагону здійснюється за формулою:

$$f = \frac{Ml^2}{8EJ} \quad (8)$$

де M – момент від дії пари осьових внутрішніх зусиль;

$$M = \frac{P_{yc} \cdot h}{2} \quad (9)$$

де P_{yc} – зусилля усадки, H ;

h – висота металокопункції до деформування,

$$P_{yc} = \frac{P'_{yc}}{1 - \frac{e^2}{\sigma_T \left(\frac{e^2}{J} + \frac{1}{F} \right)}} \quad (10)$$

де – попереднє зусилля усадки, ;

F – площа поперечного перерізу зварювальної металокопункції;

e – ексцентриситет прикладання зусилля усадки щодо центра тяжіння поперечного перерізу,

$$P'_{yc} = B \frac{q}{V_{3B}} \quad (11)$$

де $B=4...7$ – безрозмірний коефіцієнт [16], який залежить від величини питомої погонної енергії q_0 (при $q_0=(42...63) \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^2$ величина B близька до 7, при $q_0=(209...293) \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^2$ величина B близька до 4, призначеннях $q_0=(63...209) \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^2$ значення B знаходять із використанням лінійної інтерполяції),

$$q_0 = \frac{q}{\delta \cdot V_H} \quad (12)$$

де V_H – швидкість нагрівання, м/с ;

q – ефективна теплова потужність газокисневого полум'я, Дж/с;

δ – товщина зварювальних елементів (середня товщина зварювальних елементів, якщо їх товщини різні), м;

$$q = \frac{\eta \cdot Q \cdot V_{\text{п}}}{3600} \quad (13)$$

де η – ефективний ККД нагріву металокопструкції газовим полум'ям (для виготовлення вагонних металокопструкцій $\eta=0,8\dots0,95$) [17];

Q – нижча теплотворна здатність пального, кДж/м³;

$V_{\text{п}}$ – об'ємна витрата пального, м³/год;

l – довжина металокопструкції до деформування;

E – коефіцієнт пропорційності (який називається модулем повздовжньої пружності, модулем пружності першого роду або модулем Юнга);

J – осьовий момент інерції.

Геометричними розмірами плями нагріву у вигляді «клина» (який при правці зварних вагонних металокопструкцій є більш поширеним) є його висота $h_{\text{кп}}$, яка для виправлення балки хребтової знаходиться в межах 20...24% від висоти балки, а для виправлення обв'язування верхнього становить 45...85% від висоти обв'язування, та ширина, що розраховується за формулою:

$$b_{\text{кп}} = \frac{4hf}{l \cdot (a_t \cdot T_{\text{пл}} - \varepsilon_T)} \quad (14)$$

де a_t – коефіцієнт лінійного розширення сталі, 1/С;

$$a_t = \frac{1}{l} \frac{\Delta l}{\Delta T} \quad (15)$$

де Δl – подовження металокопструкції при підвищенні її температури на величину ΔT ;

$T_{\text{пл}}$ – температура нагрівання до пластичного стану, С;

ε_T – деформація матеріалу, яка відповідає досягненню межі текучості (при нормальній температурі),

$$\varepsilon_T = \frac{\sigma_T}{E} \quad (16)$$

де σ_T – границя текучості матеріалу.

Розрахунок кількості «клинів» n , які необхідно розігріти з метою усунення остаточного деформування металокопструкції, виконується за наведеною нижче формулою:

$$n = \frac{hf}{2l(a_t \cdot T_{\text{пл}} - \varepsilon_T)} \quad (17)$$

Згідно з нормативною документацією [18] температура нагрівання обирається в діапазоні від 500 С до 900 С. Дослідним шляхом встановлено, що для редагування місцевим нагріванням найбільш раціонально застосовувати температуру в межах від 800 С до 900 С [15].

Як приклад застосування наведеного в статті математичного описання нижче представлені розроблені авторами трифакторні узагальнені математичні моделі (отримані з використанням методу математичного планування експерименту), які описують зміну основного показника (прогину профілю обв'язування верхнього Δy (18) та прогину балки хребтової (19)) залежно від варіювання керованих змінних (геометричних параметрів «клина» – ширини b та висоти h , а також температури нагрівання t)

$$\begin{aligned} \Delta y = & 223951667 - 5,23146 b - 8,93556 h - \\ & - 4,60260 t - 0,00889 b^2 + 0,06986 h^2 + \\ & + 0,00299 t^2 + 0,03656 b \cdot h + 0,00731 b \cdot t - \\ & - 0,00256 h \cdot t \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \Delta y = & 130430333 - 55,074 b + 25,86856 h - \\ & - 0,90952 t + 0,21511 b^2 - 0,13489 h^2 + \\ & + 0,00108 t^2 + 0,115 b \cdot h + 0,0056 b \cdot t - \\ & - 0,00805 h \cdot t \end{aligned} \quad (19)$$

Висновки. Наведене математичне описання термічної правки вагонних металокопструкцій та відповідний математичний апарат дає змогу проводити обґрунтований вибір оптимальних геометричних параметрів зон нагріву та температури нагрівання. Також викладені наведені в статті матеріали можуть бути використані фахівцями в галузі вагонобудування у разі виконання технологічних операцій під час створення або модернізації одиниць вагонного парку залізниць.

Список літератури:

1. Фомін О.В. Концепція ідеальних кузовів напіввагонів. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал. 2013. № 4(193). С. 267–271.
2. Fomin O.V. Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015. No. 1. P. 45-48.
3. Fomin O.V., Burlutsky O.V., Fomina Yu.V. Development and application of cataloging in structural design of freight car building. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2015. No. 2. P. 250–256.
4. Фомін О.В., Логвіненко О.А., Дьомін Р.Ю., Бородай Г.П., Фомін В.В., Бурлуцький О.В. Математичні моделі зміни основних показників базових несучих елементів кузовів напіввагонів. Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». 2013. № 5/6(102/103). С. 95–104.

5. Фомін О.В., Логвіненко О.А., Бурлуцький О.В., Фоміна А.М. Аналіз існуючих та перспективних профілів складових елементів несучих систем одиниць рухомого складу залізниць. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка та міцність машин. 2016. Т. 1. № 46. С. 66–72.

6. Бурлуцький О.В., Логвіненко О.А. Застосування математичного моделювання процесів правки при виготовленні елементів напіввагонів // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту (серія «Транспортні системи і технології»). 2016. Вип. 28. С. 110–123.

7. Фомін О.В., Логвіненко О.А., Бурлуцький О.В. Процедура правки технологічно-деформованих вагонних металокопункцій шляхом створення внутрішнього напруженого стану термічним впливом. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. 2017. № 3(233). С. 234–238.

8. Фомін О.В., Логвіненко О.А., Бурлуцький О.В. Наукове обґрунтування вибору геометричних параметрів зон нагріву при термічній правці елементів несучих систем вантажних вагонів. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. 2017. № 4(234). С. 227–232.

9. Фомін О.В., Бурлуцький О.В., Горбунов М.І., Логвіненко О.А., Фоміна А.М. Термічна правка технологічно-деформованих верхніх об'язувань піввагонів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка та міцність машин. 2017. № 39 (1261). С. 76–80.

10. Мороз В.І., Братченко О.В., Ліньков В.В. Основи конструювання і САПР: навчальний посібник. Харків: Нове слово, 2003. 194 с.

11. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. Москва: Мир, 1981. 456 с.

12. Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения (методы их устранения). Москва: Машиностроение, 1968. 235 с.

13. Технология вагоностроения и ремонта вагонов: Учебник для вузов / В.С. Герасимов, И.Ф. Скиба, Б.М. Кернич и др.; Под ред. В.С. Герасимова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Транспорт, 1988. 381 с.

14. Сагалевиц В.М. Методы устранения сварочных деформаций и напряжений. Москва: Машиностроение, 1974. 248 с.

15. Веретник Л.Д. Правка сварных конструкций. Харьков: Прапор, 1966. 52 с.

16. Проектирование сварных конструкций в машиностроении / С.В. Вершинский и др.; под ред. С.А. Куркина. Москва: Машиностроение, 1975. 376 с.

17. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Н.П. Алёшин, Г.Г. Чернышов, Э.А. Гладков и др.; под общ. ред. Н.П. Алёшина, Г.Г. Чернышова. Москва: Машиностроение, 2004. Т. 1. 624 с.

18. ОСТ 24.050.34-84 Проектирование и изготовление стальных сварных конструкций вагонов. Технические требования. Введ. 1988-01-01. Москва: Изд-во стандартов, 1988. 183 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПРАВКИ ВАГОННЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Отмечена важность железнодорожного транспорта Украины в ее общей транспортной системе, а также его ведущая роль в осуществлении внутригосударственных и внешнегосударственных экономических связей страны. Обоснована целесообразность обновления существующего вагонного парка железных дорог Украины. Отмечена важная роль технологического процесса сварки при производстве новых и модернизации существующих единиц вагонного парка. Обусловлено направление уменьшения деформаций вагонных металлоконструкций, которые возникают в процессе их сварки, направленное на использование термической правки с местным нагревом. Представлено математическое описание термической правки вагонных металлоконструкций. В качестве примера приведены обобщенные математические модели, полученные в результате математического моделирования процесса термической правки основных металлоконструкций грузовых вагонов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, подвижной состав, вагонный парк, сварка, вагонные металлоконструкции, послесварочные деформации, термическая правка, математическое описание, математические модели.

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THERMAL CORRECTION OF WAGON METAL STRUCTURES

The importance of the railway transport of Ukraine in its common transport system, as well as its leading role in the implementation of domestic and foreign state economic relations of the country is noted. The expediency of updating the existing railroad car park of Ukraine has been substantiated. An important role of the technological process of welding in the production of new and modernization of existing units of the car park has been noted. The direction of reduction of deformations of wagon metal structures, which arise in the process of their welding, is directed to the use of thermal repair with local heating. The mathematical description of thermal repair of wagon metal structures is presented. As an example, generalized mathematical models obtained as a result of mathematical modeling of the process of thermal change of the basic metal structures of freight wagons are given.

Key words: railway transport, rolling stock, car parks, welding, welded metal structures, post weld deformations, thermal correction, mathematical description, mathematical models.

Черкасова В.В.

Приазовський державний технічний університет

Куркчи К.А.

Приазовський державний технічний університет

Майорова І.Н.

Приазовський державний технічний університет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Период середины 2014 года и до настоящего времени является для Украины временем снижения экспорта и производства грузовых вагонов. Условия, в которых сейчас находится восточный регион нашей страны, не позволяют с полными мощностями украинских промышленных концернов войти в европейский рынок. На данный момент ученые и технологи нашей страны стараются наверстать упущенные моменты, адаптируя условия, и предоставить потребителям качественный и современный железнодорожный подвижной состав. Мариупольское металлургическое предприятие «АЗОВМАШ» имеет в своей организационной структуре испытательный центр «Азовмаштест», что позволяет моделировать условия работы и рассчитывать КПД нового оборудования, моделируя различные условия эксплуатации.

Ключевые слова: АЗОВМАШ, АЗОВМАШТЕСТ, мониторинг грузовых вагонов, специализированный грузовой вагон, автоматизированные рабочие места.

Постановка проблемы. Для прорыва украинского вагоностроения на рынок Евросоюза существуют определённые препятствия:

– в Украине производятся вагоны для железных дорог с шириной колеи 1520 мм, тогда как в европейских странах (кроме государств Балтии) принят иной стандарт («узкая колея»);

– европейский рынок по своей емкости в несколько раз уступает российскому, поскольку доля железнодорожного транспорта в грузоперевозках составляет всего 20%;

– в ближайшие пять лет аналитики прогнозируют падение продаж новых грузовых вагонов в Европе.

Анализ последних публикаций и статей. При выполнении анализа проблемы были найдены последние научные работы о существовании вагонов различных конструкций. Большинство из них являются универсальными, однако количество специализированных ограничено. Европейский рынок отдаёт предпочтение автомобильному виду транспорта, потому исследование и выпуск новой технологии автоматизации железнодорожных вагонов не предложены.

Постановка задания. Основными задачами этой работы являются:

– исследование организации таможенного контроля в условиях «АЗОВМАШТЕСТ»;

– исследование организации экспортной деятельности концерна «АЗОВМАШ»;

– рекомендации по усовершенствованию работ по программе «Инновационный вагон 2030»;

– предложение мероприятий по улучшению диагностики подвижного состава.

Изложение основного материала исследования. ИЦ «Азовмаштест» – это мощный современный независимый испытательный центр. Он относится к числу наиболее развитых испытательных лабораторий Украины и получил признание среди стран СНГ как лидер в области проведения различных видов испытаний железнодорожных вагонов, металлургического и кранового оборудования.

НПП ИЦ «Азовмаштест» располагает крупным научно-техническим потенциалом и оснащено современным технологическим оборудованием, что позволяет решать сложные технические задачи и проводить испытания высокого качества,

отвечающие самым строгим требованиям стандартов.

Испытательный центр «Азовмаштест» специализируется: на проведении предварительных прочностных, теплотехнических, периодических испытаний машин, агрегатов, деталей на проведении испытаний изделий с целью их сертификации в соответствии с правилами и процедурами национальной и российской систем сертификации и другое.

Экспортные поставки в условиях ООО «НПП ВЦ» «АЗОВМАШТЕСТ» производятся согласно требованиям внешнеторгового контракта, технологии производства и подразделения контрактодержателя. «Азовмаштест» производит испытательные мероприятия только в случаях, оговоренных контрактом и технологическими требованиями изготовления. Далее основную работу по организации и транспортировке экспортных поставок выполняет управление транспортировки и сбыта «Азовмаша» [1, с. 233] (рис. 1).

«Азовмаш» является одним из крупнейших машиностроительных холдингов Украины и вто-

рой по величине вагоностроительной компанией в СНГ. Группа производит преимущественно полувагоны, используемые для транспортировки угля, руды, зерна, крытые вагоны для пакетированных или насыпных грузов, автомобилей и скота, хопперы и, наконец, цистерны для нефти и светлых нефтепродуктов, а также для кислоты. В целом доля «Азовмаша» на рынке грузовых вагонов СНГ колеблется на уровне 13% [1, с. 233].

По утверждению украинских отраслевых экспертов, экспортный спрос является становым хребтом и опорой отечественного грузового вагоностроения – за рубеж традиционно уходит свыше 80% грузового новостроя [1, с. 247].

Вагоностроители Украины очень подкованы в специализированном сегменте, поскольку вся четверка основных профильных производителей (Стахановский и Крюковский ВЗ, «Азовмаш», «Днепровагонмаш») ориентированы именно на эту категорию. Соответственно, предприятия в очень короткие сроки могут предложить рынку альтернативу полувагонам – в текущем году экспорт из Украины хопперов возрос втрое по итогам

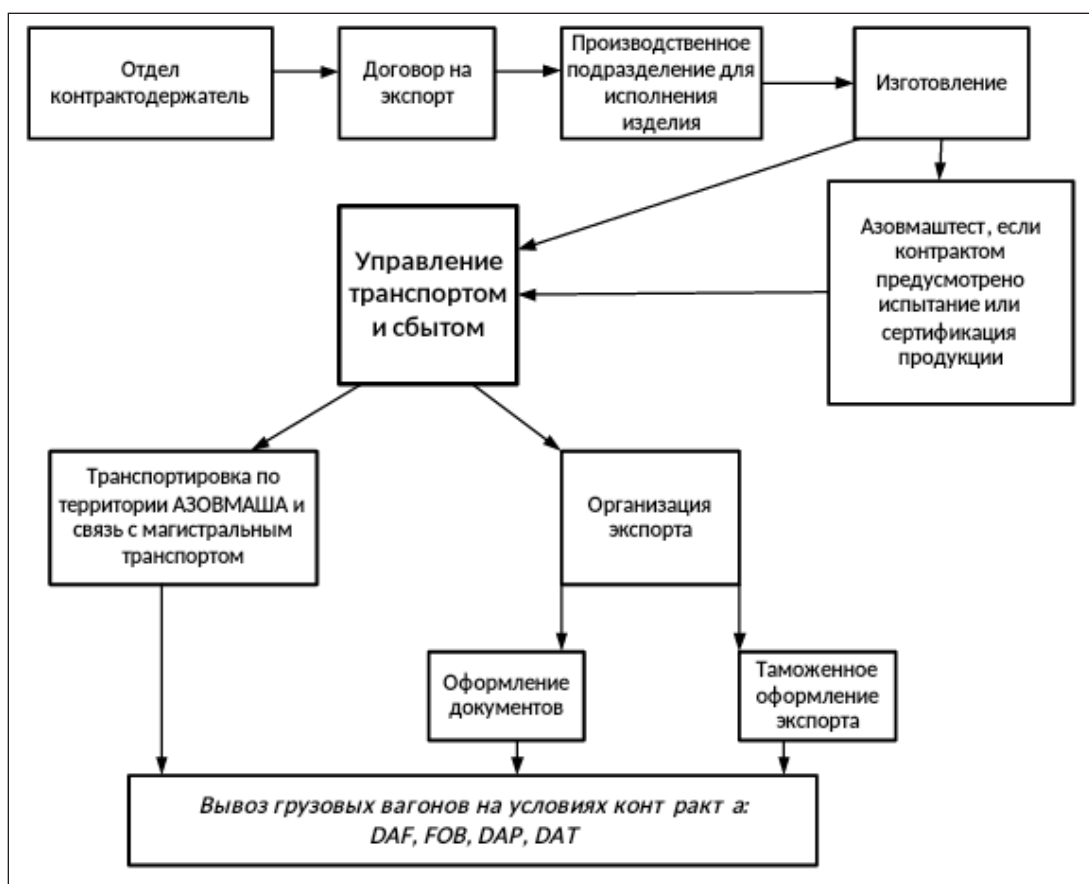


Рис. 1. Организация экспорта грузовых вагонов и комплектующих в условиях «Азовмаштест»

1 полугодия, платформ – в 1,6 раза, цистерн для химгрузов – в 1,2 раза [1, с. 253].

В целом ставку на обновление номенклатуры делают сегодня практически все украинские производители, предложившие на рынок целый ряд новых моделей. Переход к продукции более высокой стоимостной категории стал для украинских вагоностроителей фактором компенсации спада экспортного спроса на полувагоны, хотя и обострил коммерческие риски в условиях глобальной неустойчивости грузовой базы. Еще одним рычагом стабилизации экспорта могло бы стать укрепление производственного альянса с профильными производителями Европейского Союза.

Внешнеэкономическая деятельность очень развита на территории Украины, но законодательная база не стабильна, потому регулирование таможенного контроля и таможенного оформления товаров, в том числе транспортных средств, которые перемещаются через таможенную границу Украины, по технологической схеме металлургических предприятий с использованием исключительно нормативно-правовых актов, действующих на день принятия таможенной декларации таможенным органом Украины.

Таможенное оформление субъектов ВЭД осуществляется должностными лицами таможни в месторасположениях таможен – зонах таможенного контроля – совместно с заинтересованными государственными органами в течение времени, установленного таможней.

Для промышленности и торговли становится все более важным выстраивание транспорта и логистики с учетом и в соответствии с экономическими, экологическими и социальными требованиями на основе долгосрочной концепции перемещения грузов. Европейская комиссия положила в основу общей транспортной политики постоянную мобильную готовность [2, с. 132].

В Европе важным фактором в железнодорожных грузовых перевозках в будущем станет показатель шумности. В то же время очевидно, что перевозки грузов по железной дороге в наилучшей степени обеспечивают взаимобмен товарами в интересах всего общества. С социальной точки зрения, грузовое железнодорожное сообщение является одним из основных факторов, гарантирующих повышение качества жизни. В связи с этим возрастают и требования ко вкладу железных дорог в дело защиты экологии.

Наличие актуальной информации о вагоне является обязательным как для службы вагонного хозяйства, так и для грузоотправителя. Контроль

местонахождения и состояния вагона позволяет диагностировать основные узлы его конструкции с учетом интенсивности нагрузок. Это дает возможность более эффективно применять стратегию текущего содержания подвижного состава, ориентированную на его фактическое состояние, а не на сроки эксплуатации.

Надежность и пунктуальность железнодорожных перевозок приобретает особо важное значение в условиях наблюдаемой тенденции к качественному изменению структуры грузовых отправок в сторону преобладания ценных грузов. Актуальная информация для клиентов становится крайне необходимой, особенно в случаях отклонений от планового графика движения поездов. Сокращение времени оборота вагонов является самым эффективным рычагом для повышения производительности железнодорожного транспорта, поскольку стоимость аренды вагонов является одним из важнейших факторов, определяющих транспортные расходы.

Инициатива 5L от украинских вагоностроительных компаний для нового поколения грузового вагона подразумевает усовершенствование подвижных составов для европейского рынка.

Новая технология 5L определяет следующие пять факторов, характеризующих грузовые вагоны нового типа:

- (Leise) значительно сниженный уровень создаваемого шума;
- (Leicht) уменьшенная тара вагона, увеличенная грузоподъемность;
- (Laufstark) увеличенный среднегодовой пробег, повышенная эксплуатационная надежность;
- (Logistikfähig) расширенные возможности для интеграции в логистические цепочки;
- (LCC-orientiert) сниженные эксплуатационные затраты в течение всего срока службы за счет применения специально разработанных компонентов конструкции.

Малозумность и грузоподъемность определяются, в первую очередь, конструкцией колесных пар, тормозной системы и других элементов ходовой части. В связи с этим необходимо совершенствовать систему шумоподавления в конструкции ходовой части, снижать уровень вибраций, ограничивать степень распространения шума, а также не допускать появления ползунов на ободах колес.

Благодаря низкой массе тары инновационный вагон вносит вклад в выполнение требований природоохранной политики в отношении ресурсосбережения и снижения выбросов углекислого газа. В контексте мер по снижению массы тары

вагона следует учитывать, помимо возможного повышения грузоподъемности, также и увеличение погрузочных размеров перевозимых штучных грузов. Размеры вагона и его внешняя форма также обеспечивают некоторые конкурентные преимущества.

Меры по повышению срока службы направлены в основном на увеличение общего пробега вагона и объема перевезенных грузов.

Переход на автоматическую сцепку необходим, главным образом, в контексте значительного упрощения маневровых и погрузочно-разгрузочных работ.

Для перспективного развития грузовых железнодорожных перевозок фактор приспособленности к требованиям логистики приобретает все более важное значение. Об этом говорит тенденция к изменению характера грузовых отправок и их объемов, а также растущие требования к стабильности, экономической эффективности и экологичности предоставляемых логистических услуг. В связи с этим инновационный грузовой вагон должен быть «интеллектуальным», способным во все большей степени поддерживать процессы управления и автоматизации.

Для реализации важных сетевых связей между перевозчиками вагон должен быть оборудован устройствами для приема команд и передачи информации, в том числе о местонахождении и техническом состоянии, что позволит обеспечить возможность эффективного составления надежных логистических цепочек [2, с. 123].

Усиление внимания европейских железных дорог к применению систем дистанционного мониторинга подвижного состава обусловлено тремя основными причинами. Первая причина – это обеспечение безопасности движения поездов в условиях, когда станции оборудованы телеуправляемыми системами централизации и практически упразднен контроль технического состояния транзитного подвижного состава со стороны работников эксплуатационных служб. Вторая причина заключается в необходимости обеспечить надежную работу европейских грузовых коридоров. Заблаговременное выявление потен-

циальных дефектов подвижного состава позволяет принять срочные меры, уменьшить число сбоев в движении поездов и улучшить транспортное обслуживание в целом. Наконец, третья причина – использование результатов измерений параметров технического состояния подвижного состава для прогнозирования объемов и периодичности его обслуживания [2, с. 153–162].

Подводя итог, можно определить, что при поддержке европейских организаций украинский промышленный комплекс способен реализовывать идеи, необходимые для международных железнодорожных грузовых перевозок.

Выводы. Экспортные поставки в условиях ООО «НПП ВЦ» «АЗОВМАШТЕСТ» производятся согласно требованиям внешнеторгового контракта, технологии производства и подразделения контрактодержателя. «Азовмаштест» производит испытательные мероприятия только в случаях, оговоренных контрактом и технологическими требованиями изготовления. Далее основную работу по организации и транспортировке экспортных поставок выполняет управление транспортировки и сбыта «Азовмаша».

Основным документом, регулирующим экспортные отношения предприятий, является экспортный контракт, или договор купли-продажи.

Планируется к 2030 г. разработать путем интеграции существующих технологий малошумный грузовой вагон большой грузоподъемности и грузоподъемности, способный обмениваться данными с периферийными объектами, интегрироваться в систему логистики, обеспечивать перевозку грузов с меньшими финансовыми и энергетическими затратами.

Вагон, разработанный в рамках программы 5L, должен, помимо прочего, допускать повышенные скорости движения, иметь большой срок службы и, в конечном счете, стать центральным ресурсом системы грузовых железнодорожных перевозок.

Эффективность капитальных вложений будет обоснована и быстро окупаема для потребителя, благодаря новым средствам экономии и мониторинга грузовых железнодорожных вагонов.

Список литературы:

1. Губенко В.К. Имплементация ситсологистических решений в транспортной системе на рынке сельхозпродукции. Мариуполь: ПДТУ, 2015. 617 с.
2. Губенко В.К. Механизм «городская логистика» в системе обеспечения экологической безопасности муниципального транспорта. Тольятти: ТГУ, 2014. 312 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Період середини 2014 року і дотепер є для України часом зниження експорту і виробництва вантажних вагонів. Умови, в яких нині перебуває східний регіон нашої країни, не дають змоги з повними потужностями українських промислових концернів увійти на європейський ринок. Нині вчені і технологи нашої країни намагаються надолужити упущені моменти, адаптуючи умови, і надати споживачам якісний і сучасний залізничний рухомий склад. Маріупольське металургійне підприємство «АЗОВМАШ» має у своїй організаційній структурі випробувальний центр «Азовмаштест», що дає змогу моделювати умови роботи і розраховувати ККД нового обладнання, моделюючи різні умови експлуатації.

Ключові слова: АЗОВМАШ, АЗОВМАШТЕСТ, моніторинг вантажних вагонів, спеціалізований вантажний вагон, автоматизовані робочі місця.

IMPROVEMENT OF MONITORING TECHNOLOGY FOR SPECIALIZED FREIGHT CARS

The period of mid-2014 and up to the present time is the time for Ukraine to reduce the export and production of freight cars. The conditions in which the eastern region of our country is now located do not allow entering the European market with the full capacity of Ukrainian industrial concerns. At the moment, scientists and technologists of our country are trying to catch up the missed moments, adapting the conditions, and provide consumers with a quality and modern railway rolling stock. Mariupol metallurgical enterprise AZOVMASH has in its organizational structure the testing center Azovmashtest, which allows modeling the working conditions and calculating the efficiency of new equipment, modeling various operating conditions.

Key words: AZOVMASH, AZOVMASHTEST, monitoring of freight cars, specialized freight car, automated workplaces.

БУДІВНИЦТВО

УДК 539.3

Бараненко В.О.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Волчок Д.Л.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

НЕТИПОВА ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРУЖНИХ БАЛОК В УМОВАХ НЕЧІТКОЇ ІНФОРМАЦІЇ

У статті розглянуто нетипову задачу оптимального проектування пружної балки в умовах нечіткого завдання цілі проектування й навантаження. Під час вирішення задачі використано апарат нечітких множин і графоаналітичний підхід. Наводяться два приклади, які ілюструють пропонувану процедуру розв'язання. Така постановка задачі може виникати на етапі концептуального проектування конструкції. Вона розширює різноманітність видів задач, що є в оптимальному проектуванні конструкцій.

Ключові слова: оптимальне проектування, нечіткі множини, графоаналітичний підхід, принцип злиття, функція належності, балка.

Постановка проблеми. У реальних задачах проектування та дослідження несучих конструкцій інформація про вихідні дані, умови, критерії тощо може бути повною або неповною. У першому випадку маємо справу з детермінованими задачами, у другому – із задачами в умовах невизначеності. Детермінованість пов'язана з категорією «чіткого» – повного знання про параметри, силові впливи на конструкцію тощо. Невизначеність же обумовлена, як правило, дефіцитом і незнанням, а також недостатньою надійністю інформації про силові фактори, їх місце прикладення, про механічні та геометричні характеристики, крайові умови, структуру тощо. У принципі з часом дефіцит інформації може бути зменшений і навіть зведений до нуля.

У теорії проектування конструкцій, у тому числі й оптимального, поряд із детермінованими постановками становить інтерес розгляд більш загальних задач, у яких були б ураховані інформаційні ситуації, що володіють тим або іншим ступенем невизначеності щодо вихідних даних, поведінки середовища, цілей, обмежень тощо. Для їх формулювання й розв'язання потрібен відповідний математичний апарат, який апріорно включав би в себе можливість урахування тієї чи

іншої невизначеності. Таким апаратом у механіці конструкцій при урахуванні випадкових факторів є теорія ймовірностей. У більшості робіт, у яких розглядається ймовірнісна природа завдань оптимального проектування й дослідження несучої здатності конструкцій, апріорно передбачаються відомими й достовірними статистичні описи випадкових параметрів завдання. Оцінки параметрів у цьому випадку отримують, як правило, в результаті обробки великої статистичної вибірки. У випадку малої статистичної вибірки доводиться приймати рішення про відносні оцінки вихідних даних в умовах обмеженої, суб'єктивної, нечіткої, розмитої інформації про можливі реалізації того чи іншого фактора, цілі, обмеження тощо.

Постановка завдання. У роботі розглядається нетипова задача оптимального проектування пружної балки в умовах нечіткого завдання цілі проектування й навантаження. До розв'язання задачі залучено апарат нечітких множин [1; 2] і графоаналітичний підхід.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єкт оптимізації. Для пружної балки, що знаходиться під дією зосередженого навантаження, прикладеного на відстані від лівої опори (рис. 1), необхідно визначити такі характеристики

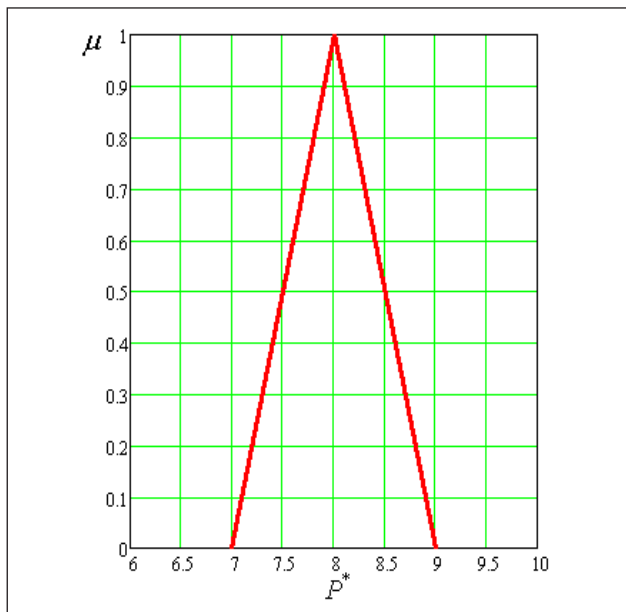


Рис. 2. Функція належності P ($P=P^* \cdot 10^4 N$)

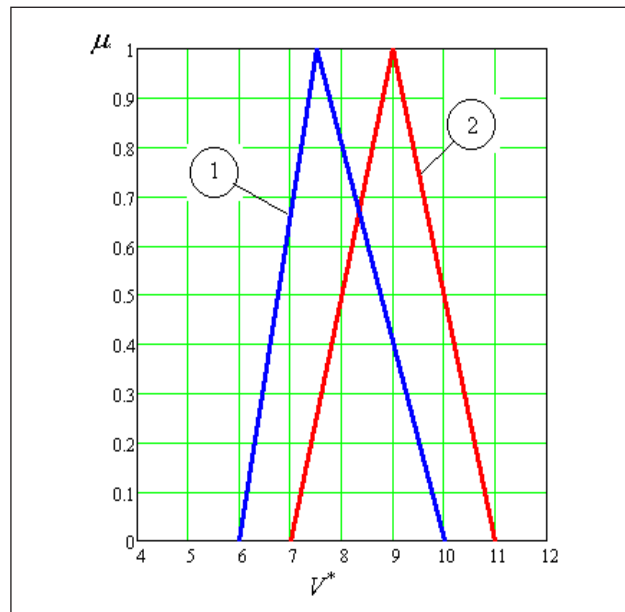


Рис. 3. Функція належності V ($V=V^* \cdot 10^4 cm^3$)

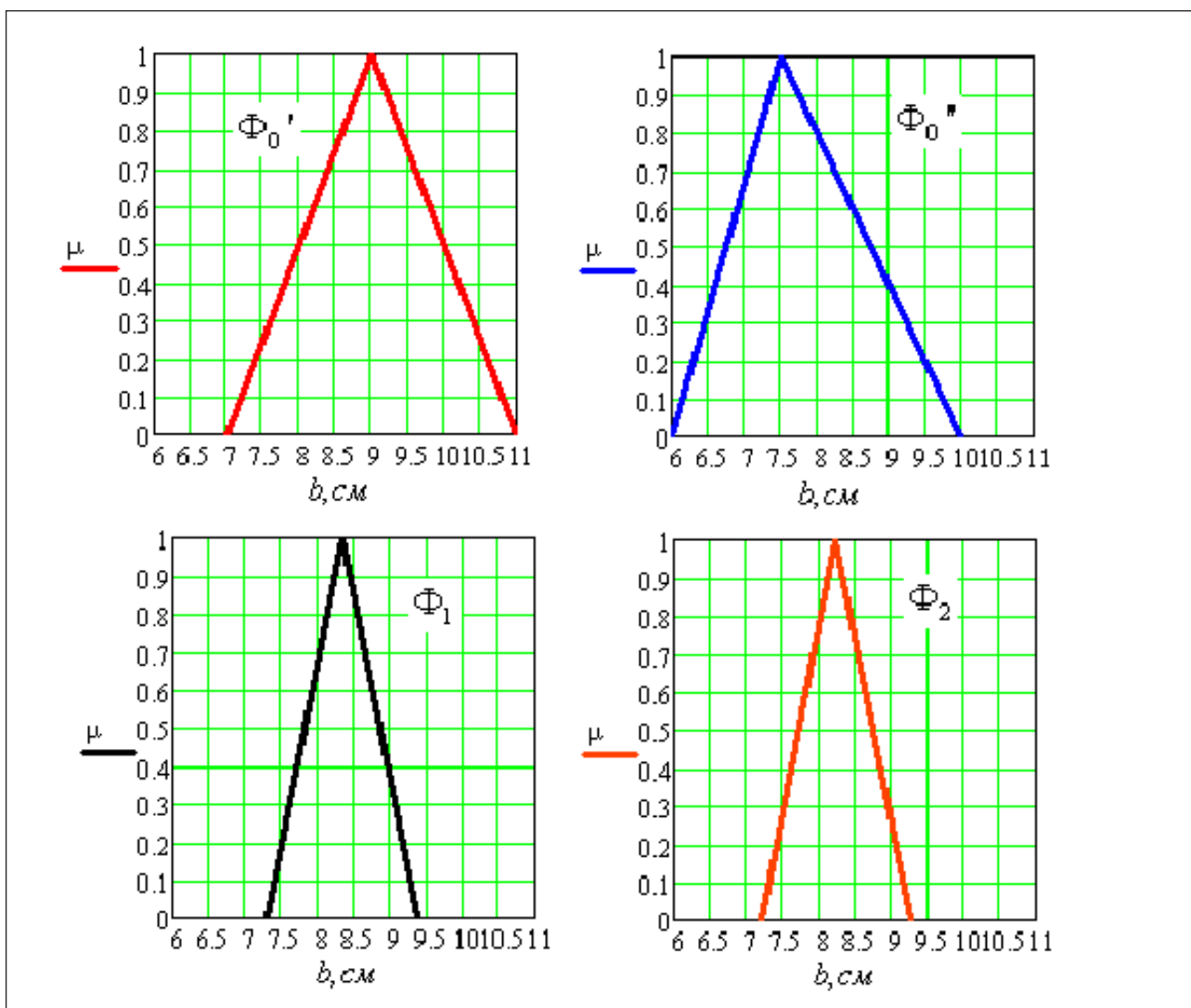


Рис. 4. Графічні зображення множини Φ_0, Φ_1, Φ_2

перетину, які задовольняли б умовам міцності, жорсткості й забезпечили завдання її обсягу V .

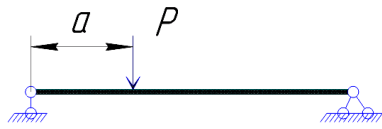


Рис. 1. Розрахункова схема балки

Передбачається, що навантаження P та обсяг V задаються нечітко: величина P «близька до числа P_0 », «бажано, щоб величина обсягу V балки приблизно дорівнювала V_0 ». Нехай для визначеності розглядається балка прямокутного перетину ($b \times h$). Характеристики проекту: довжина l , відстань a , висота h , допустимі величини напружень $[\sigma]$ і максимальних переміщень $[y]$, модуль пружності E – детерміновані й задані.

Для такої конструкції запишемо умову міцності [3]

$$\sigma^{\max} \leq [\sigma], \quad (1)$$

де

$$\sigma^{\max} = \frac{6Pl\alpha\beta}{bh^2}; \quad a = \alpha l; \quad \beta = 1 - \alpha. \quad (2)$$

Умова жорсткості – обмежені максимальні переміщення

$$y^{\max} \leq [y], \quad (3)$$

де

$$y^{\max} = \frac{Pl^3(\alpha\beta)^2}{3EI}. \quad (4)$$

Потрібно знайти таке значення b , при якому виконувались би обмеження (1), (3), а цільова

функція об'єму V максимально досягала б нечіткої величини V_0 .

Фазифікація даних. За умовою, задача проектування має величини P і V нечіткими, тобто вони задаються за допомогою функцій належності. У теорії нечітких множин для опису таких інформаційних ситуацій: «приблизно», «близько», «близько до», «трохи більше», «трохи менше ніж» тощо – пропонується використовувати функцію належності трикутного, трапецієвидного й гауссова типу.

У роботі для реалізації проекту для опису сили $P(a_p, m_p, b_p)$ та обсягу $V(a_v, m_v, b_v)$ взяті функції належності трикутного виду

$$\mu_\xi(x) = \begin{cases} \frac{x - a_\xi}{m_\xi - a_\xi}, & \text{для } a_\xi \leq x < m_\xi \\ \frac{b_\xi - x}{b_\xi - m_\xi}, & \text{для } m_\xi < x \leq b_\xi \\ 1, & \text{для } x = m_\xi \\ 0, & \text{для інших } x \in R^+ \end{cases} \quad (5)$$

де ξ – нечітка множина; R^+ – множина додатних чисел.

Метод розв'язання. З визначення обсягу балки $V = bhl$ випливає

$$\Phi_0(V) = b = V / hl. \quad (6)$$

Умова міцності (1) – (2) в граничному випадку дає

$$\Phi_1(P) = b = \frac{6Pl\alpha\beta}{h^2[\sigma]}. \quad (7)$$

З умови жорсткості (3) – (4) для граничного випадку випливає, що

$$\Phi_2(P) = b = \frac{4Pl^3(\alpha\beta)^2}{Eh^3[y]}. \quad (8)$$

Величини Φ_0, Φ_1, Φ_2 є числовими функціями нечітких параметрів V і P і, відповідно, утворюють нечіткі множини з функціями належності

$$\mu_{\Phi_0}(x), \mu_{\Phi_1}(x), \mu_{\Phi_2}(x). \quad (9)$$

Для побудови нечітких множин Φ_0, Φ_1, Φ_2 з використанням функції належності скористаємося α – рівневим підходом теорії нечітких множин. Множини Φ_0, Φ_1, Φ_2 , що отримані на основі (6), (7), (8), є опуклими множинами [2], оскільки задані $\mu_{\xi=P}(x)$ і $\mu_{\xi=V}(x)$ є опуклі.

На основі вищесказаного сформулюємо таку математичну модель оптимізації:

$$\mu^* = \arg \left\{ \sup_x Q \right\}, \quad (10)$$

де множина Q є

$$Q = (\Phi_0 \cap \Phi_1) \cup (\Phi_0 \cap \Phi_2) \quad (11)$$

або в розгорнутому вигляді

$$\mu_Q^* = \max_{x \in X} (\min(\mu_{\Phi_0}(x); \mu_{\Phi_1}(x)); \min(\mu_{\Phi_0}(x); \mu_{\Phi_2}(x))). \quad (12)$$

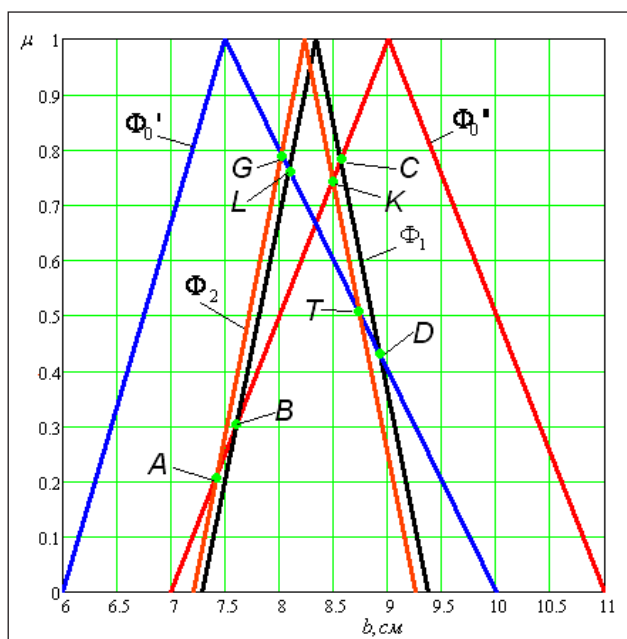


Рис. 5. Розв'язання задачі для двох прикладів

Нечітка субнормальна множина Q є множина точок K , в яких відбувся перетин (11). І тоді вихідна задача оптимізації зводиться до моделі

$$\mu^* = \max \mu_Q(x); x \in K; \quad (13)$$

Ілюстрація методу розв'язання. Ураховуючи невелику вимірність задачі, запропонований тут підхід реалізовано графічним способом при таких даних:

$$l = 500 \text{ см}; h = 20 \text{ см}; E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}; [\sigma] = 160 \text{ МПа}; [y] = 1.5 \text{ см}; a = l / 3.$$

Приклад 1. Нехай задано: $\tilde{P} = 8 \cdot 10^4 \text{ Н}$, $\tilde{V} = 7.5 \cdot 10^4 \text{ см}^3$ тобто $a_p = 7 \cdot 10^4$, $b_p = 9 \cdot 10^4$ і $a_v = 6 \cdot 10^4$, $m_v = 7.5 \cdot 10^4$, $b_v = 10 \cdot 10^4$. Фазифікацію цих даних виконаємо відповідно до визначення (5). Графічні ілюстрації функції належності величин P і V (для першого і другого прикладів) подано на рисунках 2 і 3.

За допомогою співвідношень (6)–(8) побудуємо множини Φ_0 , Φ_1 , Φ_2 , графічні зображення яких подано на рисунку 4.

Злиття множин Φ_0 , Φ_1 , Φ_2 . Множини є опуклими, і тому множина Q є також опуклою. У цьому випадку має місце «злиття» цілі та обмежень, які входять в (11) однаково чиним, що доводить твердження про тотожність цілі та обмежень у задачі прийняття рішень у розпливчатих умовах [1].

Графічне зображення злиття множин Φ_0 , Φ_1 , Φ_2 показано на рисунку 5.

Із цього рисунка видно, які точки утворюються в результаті перетину множин.

Точки є точками перетину множин нечіткої цілі й обмеження (3), тобто, для яких

Точки (G, T) є точками перетину нечітких множин цілей та обмежень (1), тобто $(G, T) = \Phi'_0 \cap \Phi_1$, для яких $\mu_D = 0.43$; $\mu_L = 0.76$.

Визначимо $\min(\mu_G; \mu_T) = 0.52$; $\min(\mu_D; \mu_L) = 0.43$; на основі (13) маємо $\mu^* = \max(0.52; 0.43) = 0.52$. Значенню $\mu^* = 0.52$ на рисунку 5 відповідає точка T перетину множин $\Phi'_0 \cap \Phi_2$ і $b = 8.7 \text{ см}$.

На рисунку 2 значенню $\mu^* = 0.52$ відповідає: а) $P^* = 76 \text{ кН}$, а на рисунку 3 відповідає $V^* = 6.8 \cdot 10^4 \text{ см}^3$; б) $P^* = 84 \text{ кН}$ і $V^* = 8.8 \cdot 10^4 \text{ см}^3$

У результаті маємо два розв'язки:

- а) $b = 8.7 \text{ см}$; $P^* = 76 \text{ кН}$; $V^* = 6.9 \cdot 10^4 \text{ см}^3$;
- б) $b = 8.7 \text{ см}$; $P^* = 84 \text{ кН}$; $V^* = 8.8 \cdot 10^4 \text{ см}^3$.

Аналіз розв'язків. Виконуючи аналіз отриманих результатів, бачимо, що підстановка $b = 8.7 \text{ см}$ і $P^* = 76 \text{ кН}$ в умови (1) – (4) не порушує їх: $\sigma = 145.6 < 160 \text{ МПа}$; $y = 1,35 < 1.5 \text{ см}$.

Якщо підставити другий розв'язок $b = 8.7 \text{ см}$; $P^* = 84 \text{ кН}$ в умови (1)–(4), то видно, що порушується умова міцності $\sigma = 160.9 > 160 \text{ МПа}$; а умова жорсткості $y = 1,49 < 1.5 \text{ см}$ не порушується.

Отже, в результаті маємо розв'язок поставленої задачі: дійсні значення $b = 8.7 \text{ см}$; $P^* = 76 \text{ кН}$; $V^* = 6.9 \cdot 10^4 \text{ см}^3$.

Приклад 2. У цьому прикладі припускається, що $\tilde{V} = 9 \cdot 10^4 \text{ см}^3$ з $a_v = 7 \cdot 10^4$, $m_v = 9 \cdot 10^4$, $b_v = 11 \cdot 10^4$. Останні числові дані такі, як у першому прикладі. У цьому випадку множина цільової функції на рисунках 4 і 5 позначено через Φ''_0 .

За аналогією першого числового експерименту маємо:

$(A, K) = \Phi''_0 \cap \Phi_2$, для яких $\mu_A = 0.22$; $\mu_K = 0.75$, а $\min(\mu_A; \mu_K) = 0.22$.

Точки (B, C) є результатом перетину множин, тобто $(B, C) = \Phi''_0 \cap \Phi_1$, для яких $\mu_B = 0.31$; $\mu_C = 0.78$. Тоді $\min(\mu_B; \mu_C) = 0.31$.

Величина $\mu^* = \max(0.31, 0.22) = 0.31$.

Із рисунку 5 для $\mu^* = 0.31$ маємо $b = 7.75 \text{ см}$.

а) $P^* = 73.8 \text{ кН}$; $V^* = 7.85 \cdot 10^4 \text{ см}^3$; б) $P^* = 86.2 \text{ кН}$; $V^* = 10,15 \cdot 10^4 \text{ см}^3$;

Аналіз результатів. Випадок «а» дає $\sigma^{\max} = 158.7 < 160 \text{ МПа}$ й $y = 1,47 < 1.5$. Умови задачі не порушуються. У випадку «б» маємо $\sigma^{\max} = 185.4 > 160 \text{ МПа}$ й $y = 1,72 > 1.5$. Умови міцності й жорсткості тут порушуються. Отже, шуканий результат у другому прикладі є $b = 7.75 \text{ см}$; $P^* = 73.8 \text{ кН}$; $V^* = 7.85 \cdot 10^4 \text{ см}^3$.

Висновки. Оптимізаційна задача, яка надана в роботі, є нетиповою, тому що в класичних задачах задається \min чи \max деякої фізичної характеристики конструкції. Інформаційна ситуація щодо вихідних даних: навантаження та обсяг матеріалу – задається нечітко. Розв'язання такої задачі отримано в межах теорії нечітких множин. За допомогою запропонованого підходу можливий аналіз вихідних даних і їх впливу на остаточний результат. Постановка задачі може виникати на етапі концептуального проектування. Вона розширює різноманітність видів задач, що є в оптиміальному проектуванні конструкцій.

Список літератури:

1. Bellman R.E., Zadeh L.A. Decision – Making in Fuzzy Environment. Management Science. 1970. V. 17. № 4. P. 141–164.
2. D. Rutkowska, M. Pilinski, L. Rutkowski Science neuowe, algorytmy genetyczne i system rozmyte. Warsaw: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999. 410 p.
3. Тимошенко С. Сопротивление материалов. Москва: Физматгиз, 1960. Т. 1. 379 с.

НЕТИПИЧНАЯ ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРУГИХ БАЛОК В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье рассмотрена нетипичная задача оптимального проектирования упругой балки в условиях нечёткого задания цели проектирования и нагрузки. К решению задачи привлечён аппарат нечётких множеств и графоаналитический подход. Приводятся два примера, иллюстрирующие предлагаемую процедуру решения. Такая постановка задачи может возникать на этапе концептуального проектирования конструкции. Она расширяет разнообразие видов задач, имеющихся в оптимальном проектировании конструкций.

Ключевые слова: оптимальное проектирование, нечеткие множества, графоаналитический подход, принцип слияния, функция принадлежности, балка.

ATYPICAL PROBLEM OF OPTIMAL DESIGN OF ELASTIC BEAMS UNDER CONDITIONS OF FUZZY INFORMATION

An atypical problem of optimal design of an elastic beam under conditions of a fuzzy specification of the design goal and load is considered. The apparatus of fuzzy sets and the graph-analytical approach are involved in solving the problem. Two examples which illustrate the proposed decision procedure are given. This formulation of the problem can arise at the stage of conceptual design. There is expanded the variety of types of tasks available in the optimal design of structures.

Key words: optimal design, fuzzy sets, graph-analytic approach, merge principle, membership function, beam.

Добровольська А.О.

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

ЗМІНА ДЕФОРМАЦІЙ ТЕХНОГЕНИХ ГРУНТІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЗАМОЧУВАННЯ

Для розвитку геотехнічного будівництва у складних умовах міської щільної забудови важливим питанням є міцність ґрунтових основ, так і їх деформаційних властивостей, які безпосередньо впливають на несучу здатність основи, враховуючи, що за багатолітній період розвитку міста поверхня ґрунтового масиву із природного стану перетворюється у ґрунт із порушеною структурою. Знання про міцність та деформаційні властивості таких ґрунтів дає змогу попередити негативний вплив на майбутні споруди. Тому для визначень деформативності ґрунту було змодельовано ситуацію замочування ґрунтового масиву. Проведені дослідження деформативних властивостей зразків указують, що зразки із максимальним зволоженням нафтопродуктом та два види зволоження гарячою водою, тобто часткове і максимальне замочування, мають осідання, які є вищими меж граничних значень.

Ключові слова: техногенний ґрунт, деформаційні властивості, щільність, показник текучості та опір ґрунту.

Постановка проблеми. Останнім часом, під час освоєння вільних міських територій, техногенні ґрунти все частіше залучаються до сфери інженерного впливу, а, отже, вимагають вивчення, що обмежене у часі під час проведення інженерно-геологічних досліджень. Осідання даної групи основ у результаті проведення будівельних робіт в умовах щільної міської забудови часто перевищує припустимі значення. Внаслідок техногенних впливів замочування у результаті аварійних ситуацій на тепломережах, можуть виникнути додаткові осідання споруд, які були не передбачені, і можуть призвести до руйнування будівель та споруд.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Техногенні ґрунти досить часто використовуються і як основи споруд (особливо при дефіциті території для можливої забудови – як у багатьох великих містах світу), і як матеріали земляних споруд. Збільшення обсягів наземного та підземного будівництва у районах міста відіграє не малу роль у зміні геологічної будови.

Питання зміни деформаційних властивостей техногенних ґрунтів порушеної структури присвячено значну кількість робіт [6, с. 56, 8-13]. Вивчення умов формування та закономірностей поширення техногенних процесів у геологічному середовищі за [14, с. 52] варто розглядати, як частину важливої наукової проблеми взаємодії

людини та природи. Закономірності зміни деформаційних характеристик у ґрунтових середовищах за наявності різної кількості домішок дозволяють спрогнозувати їх поведінку в умовах щільної міської забудови [1, с. 53, 2, с. 18].

У [3, с. 136-139] досліджено наслідки розвитку будівельного виробництва у місті Києві та техногенні зміни геологічної будови майбутніх будівельних майданчиків, кількість яких за останні роки зросла на 40%. Порівняння геологічної будови м. Києва виявило, що потужності шарів техногенних ґрунтів за період з 2006 по 2016 рр. зросли у середньому на 98%. [4; 5] Також прослідковується зміна їх деяких фізичних характеристик протягом десяти років, а саме зменшення питомої ваги ґрунтових шарів. Можна припустити, що це відбулось внаслідок зміни вмісту органічних домішок у верхньому шарі ґрунту. Показник, що характеризує консистенцію ґрунту, який за станом на 2006 р. являв собою супісок текучої консистенції, на 2016 рік змінився на пластичний. Внаслідок зміни фізичних характеристик змінився опір ґрунту, що перетворило його на непридатний для використання під забудову.

Постановка завдання. Мета дослідження – визначити характер зміни відносної вертикальної деформації зразків техногенного ґрунту, замочених до різного рівня вологості, при їх ступінчастому завантаженні.

Методика дослідження. Проби досліджуваних ґрунтів для лабораторних дослідів відбиралися на глибині 5 м від поверхні, що відповідає середині товщі техногенного ґрунту у м. Києві. У лабораторних умовах виконано дослідження на компресійних приладах фізико-механічних властивостей ґрунтів, результати яких наведено у таблиці 1. Застосовувались чотири варіанти насичення ґрунту, а саме, шляхом максимального замочування у гарячій (60°C) воді, часткове замочування у гарячій воді (60°C), максимальне замочування у нафтопродукті та часткове замочування у нафтопродукті. Для порівняння результатів також випробовувався зразок у природному стані. Зразки техногенних ґрунтів у природному стані відбиралися безпосередньо на будівельному майданчику у Солом'янському районі м. Києва.

Лабораторні дослідження деформаційних властивостей техногенного ґрунту у результаті замочування проводились у два етапи.

На першому етапі ґрунт піддавався відсотковому замочуванню водою при 60°C. Відібраний ґрунт був поміщений в акваріум з оргскла з перфорацією, в який було заведено металопластикову трубку діаметром 2 см, що підключалася до нагрівального пристрою, який може нагрівати воду до 90°C. (рис. 1). Для створення різновідсоткового замочування зразка у металопластиковій трубці були створені отвори, а для максимального зволоження зразка трубка попередньо було пошкоджена, а саме переломлена з одної сторони, щоб збільшити водоприток для часткового замочування. Дана імітація моделювала аварійні ситуації на тепломережі, а саме: протікання та прорив тепломереж.

Зразки ґрунту, замочені гарячою водою, являють собою супісок з $\gamma=2,0 \text{ г/см}^3$ та $\gamma_{\text{sw}}=4,61 \text{ г/см}^3$ при частковому замоченні, $\gamma=2,1 \text{ г/см}^3$ та $\gamma_{\text{sw}}=3,49 \text{ г/см}^3$ при максимальному зволоженні. У вище описаному режимі замочування зразки витримувались

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості

Номер зразка	Природна вологість, %	Щільність ґрунту, г/см ³	Щільність скелету ґрунту, г/см ³	Питома вага, г/см ³	Питома вага ґрунту виваженої в рідині г/см ³	Щільність мінеральних часток, г/см ³	Коефіцієнт пористості	Вологість після випробування, %	Коефіцієнт водо насичення	Кут внутрішнього тертя φ	Питома щелення с
1	7,2	1,96	1,82	19,6	6,7	2,69	0,44	6,8	0,44	24	0,064
2	15,97	2,00	1,72	20,0	4,61		0,56	14,8	0,77	30	0,051
3	29,74	2,06	1,59	21	3,49		0,69	27,4	1,0	30	0,051
4	12,17	2,03	1,81	20,3	6,8		0,49	11,61	0,67	30	0,051
5	23,01	2,04	1,66	20,4	5,31		0,62	22	0,69	30	0,051

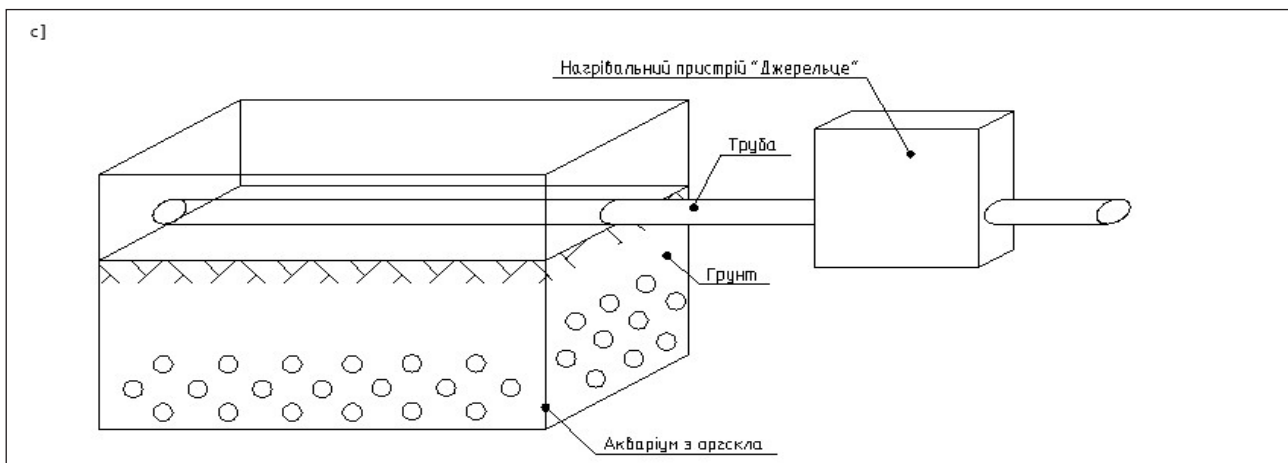


Рис. 1. Лабораторний стенд замочування ґрунту гарячою водою

24 години, після чого з них були вирізані кільця з ґрунтом для випробування у компресійному приладі зі ступінчастим навантаженням.

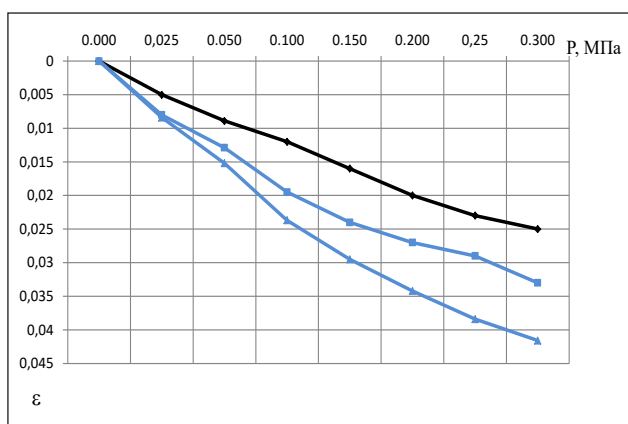
У нормативних документах [7] передбачено граничні значення деформації ґрунту, як основи у природному та водонасиченому станах. Дані значення та результати випробувань у рамках дослідження наведені на графіку 1, який показує залежність відносної вертикальної деформації до навантаження на зразок при ступінчастому навантаженні. Згідно з [7], значення деформації ґрунту у природному стані взяті за еталон.

Зразок № 1 ґрунт у природному стані

Зразок № 2 ґрунт, замочений у гарячій воді, з вологістю 15,97%

Зразок № 3 ґрунт, замочений у гарячій воді, з вологістю 29,74%

У результаті досліджень першого етапу за значеннями залежностей 1 та 4, що відповідають зразку природного стану ґрунту та нормативному значенню деформації відповідно до [7], можна зробити висновки, що їх відхилення від норми становить від до 66%. Це дає можливість стверджувати про достовірність результатів всіх зразків. У свою чергу, результати досліджень зразків ґрунту, які були попередньо замочені у гарячій воді, зразок № 2 та зразок № 3 відразу дали осідання більше, ніж зразок у природному стані. При навантаженні 0,5-2,0 МПа осідання зразка 2 та 3 рівномірне, а зі збільшенням навантаження на ґрунт з частковим зволоженням фіксується зменшення осідання, що не можна сказати про зразок із максимальним зволоженням, де осідання продовжує рівномірно зростати і у кінцевому результаті становить на 43% більше.



Графік 1. Залежність відносної вертикальної деформації зразків ґрунту 1-го етапу від ступінчастого навантаження в межах 0...0,3 МПа: 1 – зразок № 1, 2 – зразок № 2, 3 – зразок № 3

На другому етапі лабораторних дослідів використовувались техногенні ґрунти із процентним замочуванням нафтопродуктом. Для випробувань ґрунти представлені сушісками маловологими, пластичними із $\gamma=2,03$ г/см³ при частковому замоченні та $\gamma=2,04$ г/см³ при максимальному зволоженні та $\gamma_{sw}=6,8$ г/см³, $\gamma_{sw}=5,31$ г/см³ відповідно. Для відсоткового замочування нафтопродуктом вирізані кільця ґрунту були поміщені у колбу з нафтопродуктом на 24 та 12 годин для максимального та часткового замочування відповідно. Після обробки кільця з ґрунтом були розміщені у компресійному приладі та піддані ступінчастому навантаженню від 0,5 до 3 МПа. Дані наведено на рис. 2:

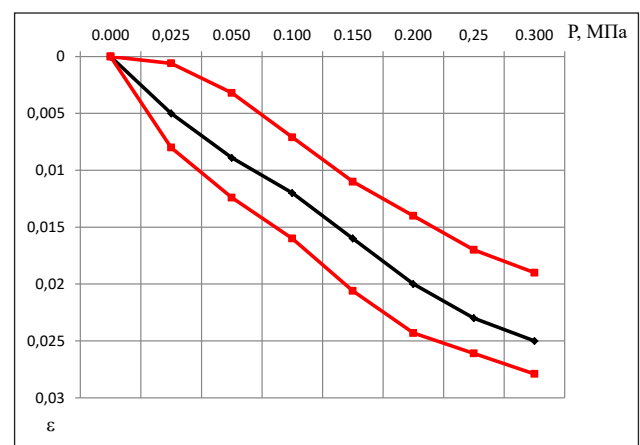
– зразок № 1 – ґрунт у природному стані

– зразок № 4 – ґрунт, замочений у нафтопродукті з вологістю 12%

– зразок № 5 – ґрунт, замочений у нафтопродукті з вологістю 23%

З результатів другого етапу лабораторних дослідів видно, що зразок № 4 просів на 15%, менше ніж зразок у природному стані, а зразок № 5 – на 18% більше. Це означає, що при середньому замоченні ґрунт набирає міцності, а при витримці і подальшому змоченні втрачає деформаційні властивості.

Висновки. У результаті дослідження деформативних властивостей зразків вище меж граничних значень мають зразки із максимальним зволоженням нафтопродуктом та два види зволоження гарячою водою, тобто часткове і максимальне замочування. Різниця значень зразку у природному стані від зразків зволжених гарячою водою становить 43%, а зволоженням нафтопродуктом 18%. Від-



Графік 2. Залежність відносної вертикальної деформації зразків ґрунту від ступінчастого навантаження в діапазоні 0...0,3 МПа 1 – зразок № 1, 2 – зразок № 4, 3 – зразок № 5

повідно зволоження гарячою водою має більш негативний вплив на деформаційні властивості ґрунтів, ніж нафтопродуктом. Але на даному етапі методів зміни механічних та деформаційних властивостей ґрунтів при зволоженні водою відомо більше, ніж при забрудненні нафтопродуктами.

Список літератури:

1. Добровольська А.О. Визначення стисливості техногенно порушеного ґрунту методом статичної обробки. III всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспектива розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». (Житомир 27–27 квітня 2016). Житомир: ЖТДУ. 2016. С. 53–57.
2. Добровольская А.О. Изучение деформационных характеристик техногенного грунта при разных вариантах замачивания. Материалы 10-й международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Перспективы развития строительных технологий». (Днепропетровск 21-22 апреля 2016). Днепропетровск. 2016. С. 18–23.
3. Добровольська А.О. Зміна геологічної будови м. Києва з урахуванням техногенного впливу на ґрунти. Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки». 2016. № 3 (78). С. 136-143.
4. Звіт по геологорозвідувальній роботі ділянок м. Києва. Паспортизація ґрунтів. Геотехнічна лабораторія. ВАТ «УкрНГІ». 2007. Додаток Н. С-1-72.
5. Звіт по геологорозвідувальній роботі ділянок м. Києва/(ІГ)-КР-02/ТОВ «МЕДІНЖСЕРВІС». 2016. Додаток Б-К.
6. Стовпник С.М., Ган А.Л., Загоруйко Є.А., Шайдецька Л.В. Вторинне осідання підземної споруди у водонасиченому масиві при деформуванні ґрунтової основи з утворенням призми сповзання. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. 2017. Випуск 4/2017 (105). С. 56-59.
7. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування.
8. Власюк А.П., Кузло М.Т. Експериментальні дослідження деяких параметрів фільтрації сольових розчинів у піщаних ґрунтах. Меліорація та водне господарство: міжвідомчий тематич. наук. зб. К.: Аграрна наука 2000. Вип. 87. С. 43-46.
9. Власюк А.П., Мартинюк А.П. Математичне моделювання консолідації ґрунтів в процесі фільтрації сольових розчинів. Рівне: Вид-во УДУВГП, 2004. 211 с.
10. Власюк А.П. Математичне моделювання консолідації ґрунтів при фільтрації сольових розчинів в неізотермічних умовах. Рівне: НУВГП, 2008. 416 с.
11. Кравець В.Г., Філько Д.В. Особливості та умови формування властивостей техногенних ґрунтів. Матеріали конференції «Перспективи розвитку будівельних технологій». 2013.
12. Зуєвська Н.В. Вплив температурного чинника на структурні зміни лесових просядних ґрунтів. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». 2012. Вип. 28. С. 15-19.
13. Зуєвська Н.В. Вплив води з підвищеною температурою на інфільтраційні процеси при замочуванні лесових ґрунтів. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». 2011. Вип. 22. С. 17–20.
14. Korobiichuk V., Shamrai V., Iziunova O., Tolkach O., Sobolevskyi R. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. 4/5 (82). P. 52–57.

ИЗМЕНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЗАМАЧИВАНИЯ

Для развития геотехнического строительства в сложных условиях городской плотной застройки важны вопросы как прочности грунтовых оснований, так и их деформационных свойств, которые непосредственно влияют на несущую способность основания. Учитывая, что за многолетний период развития города, поверхность грунтового массива из природного состояния превращается в почву с нарушенной структурой, то знание о прочности и деформационных свойствах таких почв позволяет предупредить негативное влияние на будущие сооружения. Поэтому для определения деформативности грунта была смоделирована ситуация замачивания почвенного массива. Проведенные исследования деформативных свойств образцов указывают, что образцы с максимальным увлажнением нефтепродуктом и два вида увлажнения горячей водой, то есть частичное и максимальное замачивания имеют осадки, которые выше пределов предельных значений.

Ключевые слова: техногенный грунт, деформационные свойства, плотность, текучести и сопротивление почвы.

CHANGE OF DEFORMATIONS OF TECHNICAL SOILS FOR RESULTS SOAKING

For the development of geotechnical construction in difficult conditions of urban dense development, important issues are both the strength of ground bases and their deformation properties, which directly affect the bearing capacity of the basis. Given that over a long period of the city's development, the surface of the soil massif from the natural state is transformed into a soil with a disturbed structure. Knowledge of the strength and deformation properties of such soils can prevent a negative impact on future building. Therefore, to determine the deformability of the soil, the situation of soaking the soil was modeled. The conducted studies of the deformative properties of the samples indicate that the samples with the maximum moistening in oil and two types of soaking in the hot water, that is, the partial and maximum soaks has precipitations less than limits of the limit values.

Key words: *technogenic soils, consideration, deformations, sedimentation.*

УДК 66.04

Крот О.П.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

Вінниченко В.І.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ФОСФОГІПСУ

У статті моделюються процеси термічної обробки техногенного відходу – фосфогіпсу – у звислому стані в шахті-дегідраторі, використання якої значно інтенсифікує процеси тепло- і масообміну завдяки збільшенню поверхні контакту. Поставлена задача з вибору раціональної конструкції установки. Розрахована теоретична швидкість руху частинок фосфогіпсу в дегідраторі, витрата палива та кількість повітря для спалювання. Вибрана необхідна форма та розміри ділянок установки для досягнення раціональних швидкостей. Виконане комп'ютерне моделювання установки для термічної обробки фосфогіпсу у зваженому стані дозволило визначити недоліки конструктивного виконання основних вузлів та запропонувати раціональні параметри.

Ключові слова: фосфогіпс, термічна обробка, енергоємність, інжекційний пальник, моделювання потоків.

Постановка проблеми. Багато як промислових, так і побутових відходів не утилізуються, а складуються на полігонах. Так, фосфогіпс складається у відвалах, погіршуючи санітарний стан всього промислового комплексу й екологічний стан прилеглої території. Для створення відвалів фосфогіпсу необхідно постійно відчужувати великі ділянки земель, часто родючих [1]. Перспективним методом утилізації фосфогіпсу є його безвідходна термохімічна утилізація з отриманням для виробництва в'язучих будівельних матеріалів і виробів [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом поширився суміщений помел і термічна обробка гіпсових в'язучих, коли теплова обробка відбувається безпосередньо в помольному агрегаті в результаті інтенсивного теплообміну між гарячими газами і подрібненим матеріалом. У млини подаються гази з температурою 700–800°C із зовнішньої топки. Витрата умовного палива становить 40–50 кг на 1 т в'язучого [3]. Млини оснащені сепараторами прохідного типу, після яких подрібнений і дегідратований продукт надходить до пиловловлювачів.

Схеми виробництва із сумісним помелом і обпалом відрізняються насамперед за типом млинів (використовуються шахтні, кульові, аеро-

більні). Іноді млини працюють з одноразовим використанням теплоносія, а іноді – з поверненням у млин частини газів після пилоочищення. Застосування рециркуляції газів підвищує споживання електроенергії, але суттєво знижує витрату палива. Один із варіантів виробництва гіпсових в'язучих за поєднання їх помелу й обпалювання представлений на рис. 1. Недоліком цієї установки є короткий час впливу газів, внаслідок чого найбільш великі частки не встигають цілком дегідратуватися, а частина дрібних частинок перепалюється. Отриманий в'язучий матеріал швидко схоплюється і має невелику міцність.

У термічній обробці гіпсу розрізняють такі стадії процесу: підведення теплоти до поверхні частинок або шматків вихідного матеріалу, випаровування фізичної вологи, нагрівання матеріалу до температури дегідратації та хімічна реакція дегідратації гіпсу. Для того щоб почався процес дегідратації гіпсу, що лежить в основі технології отримання всіх гіпсових в'язучих речовин, необхідно до початкового гіпсу підвести теплоту і передати її.

Випаровування фізичної вологи починається вже за незначного нагрівання, починаючи із 60–70°C, водночас від молекул відщеплюється кристалізаційна вода. За цих температур процес

відбувається дуже повільно. Інтенсивна дегідратація починається за температури матеріалу 97–105°C. У стандартній заводській технології для отримання напівгідрату підтримується температура 120–170°C. Подальше підвищення температури до 210°C приводить до утворення зневодненого гіпсу [4].

Деякими підприємствами вже застосовуються установки для термічної обробки гіпсової сировини в завислому стані [5; 6]. Проте вони не поширилися, оскільки не вдається отримати гіпсове в'язуче високої якості. Це пов'язано з відсутністю досліджень із термічної обробки гіпсових часточок у завислому стані в потоці теплоносія. Тому досі не створено обладнання для дегідратації гіпсу в завислому стані, яке б враховувало всі особливості процесів, що відбуваються.

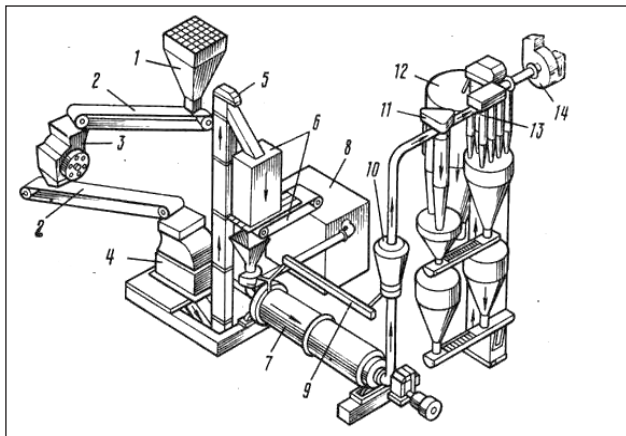


Рис. 1. Технологічна схема виробництва гіпсу за сумісного помелу та обпалювання [3]

1 – приймальний бункер, 2 – стрічковий конвеєр, 3 – щокова дробарка, 4 – молоткова дробарка, 5 – елеватор, 6 – дозатор, 7 – кульовий млин, 8 – топка, 9 – шнек повернення матеріалу, 10 – повітряно-прохідний сепаратор, 11 – система пилоосадження першого ступеня, 12 – бункер готової продукції, 13 – система пилоосадження другого ступеня, 14 – вентилятор

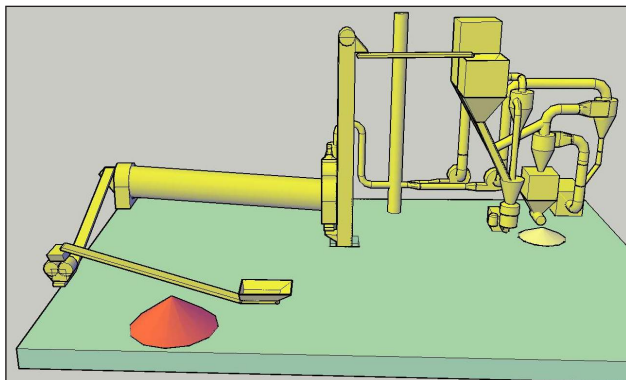


Рис. 2. Схема для моделювання руху потоків

Сучасним інструментом дослідження руху потоків середовищ є комп'ютерні системи моделювання, що застосовують закони механіки суцільних середовищ і методи кінцевих елементів.

Формулювання цілей статті. Розробка більш ефективного обладнання для дегідратації гіпсу, в якому б зменшувалась витрата енергоресурсів на отримання продукту без зниження якості останнього та дослідження випалу гіпсової сировини в завислому стані з подальшою розробкою обладнання для раціонального здійснення такого процесу.

Постановка завдання. У Харківському національному університеті будівництва та архітектури запропоновано спосіб переробки фосфогіпсу в гіпсове в'язуче, створено лабораторно-дослідну установку [7] та підтверджено можливість використання відвального фосфогіпсу для виготовлення будівельного гіпсу у зваженому стані. Для вибору оптимальних параметрів установки виконано її моделі в системі комп'ютерного моделювання газових потоків. У системі моделювалася установка продуктивністю 5 т/год. Передбачалися витрати 40–50 кг умовного палива на 1 т в'язучого (за аналогом [3]). За годину – 250 кг умовного палива, або

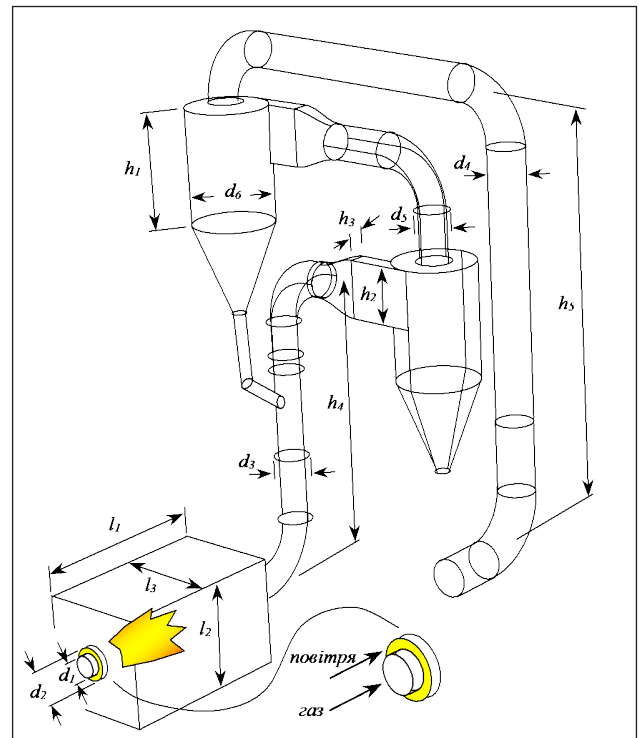


Рис. 3. Конструкція та розміри установки для моделювання

$h_1 = 1,59$ м; $h_2 = 0,78$ м; $h_3 = 0,24$ м; $h_4 = 8,79$ м; $h_5 = 4,6$ м;
 $d_1 = 0,291$ м; $d_2 = 0,443$ м; $d_3 = 0,477$ м; $d_4 = 0,456$ м;
 $d_5 = 0,477$ м; $d_6 = 1,112$ м; $l_1 = 2,385$ м; $l_2 = 1,449$ м; $l_3 = 1,449$ м.

250/1,14 = 220 м³/год природного газу. Створена масштабна 3D-модель – на рис. 2.

Розрахунок кількості повітря для спалювання.

За спалювання природного газу питома витрата повітря V (м³ повітря/м³ палива) може розраховуватися за відомою формулою:

$$V = (H_2 \cdot 0,5 + CH_4 \cdot 2 + C_2H_6 \cdot 3,5 + C_3H_8 \cdot 5 + C_4H_{10} \cdot 6,5 + C_5H_{12} \cdot 8 + \dots) / 0,21, \quad (1)$$

де H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 і т.д. – об'ємні частки водню, метану, пропану, бутану тощо в природному газі.

Якщо висока точність не потрібна, можна орієнтовно прийняти для газу $V = 10$ (м³ повітря/м³ газу). Важали, що з урахуванням коефіцієнта надлишку повітря 1,2, на спалювання необхідних 220 м³/год потрібно $220 \cdot 10 \cdot 1,2 = 2640$ м³/год повітря за нормальних умов.

Приймали густину природного газу 0,75 кг/м³; повітря – 1,3 кг/м³.

Масова витрата становить:

– для газу: $(220 \text{ м}^3/\text{год}) \cdot (0,75 \text{ кг/м}^3) = 165 \text{ кг/годину}; 0,046 \text{ кг/с};$

– для повітря: $(2640 \text{ м}^3/\text{ч}) \cdot (1,3 \text{ кг/м}^3) = 3432 \text{ кг/год.}; 0,95 \text{ кг/с}.$

Конструкція та розміри установки ділянки, де реалізується зважений стан, – на рис. 3. Площі перерізу для входу газу і повітря на вході в умовний інжекційний пальник:

$S_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,291^2}{4} = 0,0665 \text{ м}^2$ – через цей отвір подається газ;

$$S_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,443^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,291^2}{4} =$$

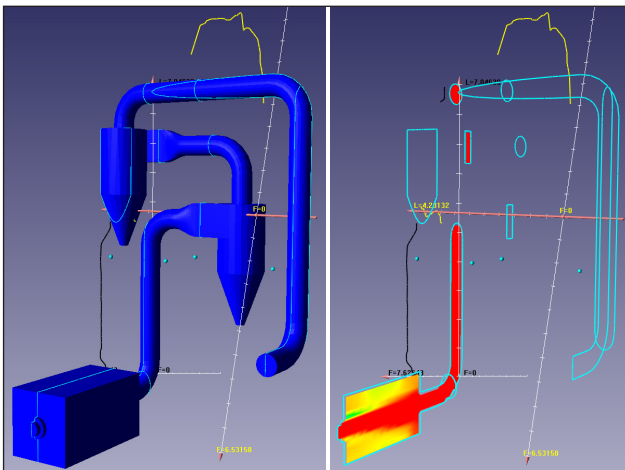


Рис. 4. Моделювання варіанта 1

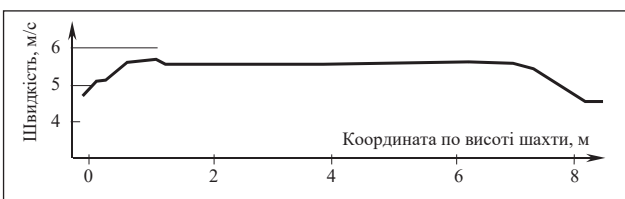


Рис. 5. Швидкість потоку у вертикальній шахті дегідрататора (вар. 1)

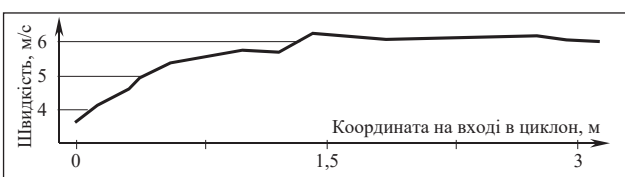


Рис. 6. Швидкість потоку на вході у відцентровий циклон (вар. 1)

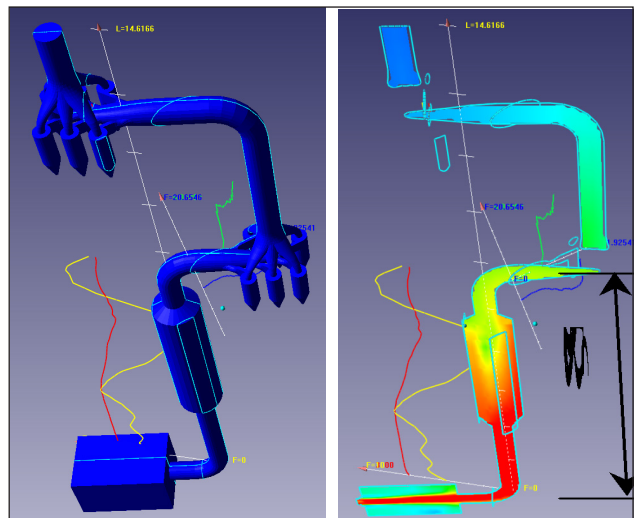


Рис. 7. Моделювання варіанта 2

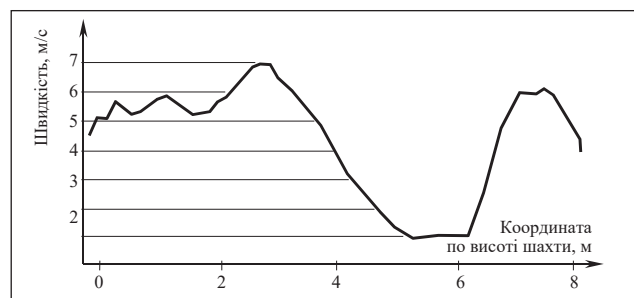


Рис. 8. Швидкість потоку у вертикальній шахті дегідрататора (вар. 2)

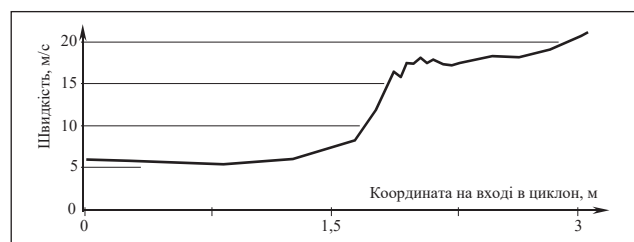


Рис. 9. Швидкість потоку на вході у відцентровий циклон (вар. 2)

$= 0,154 - 0,0665 = 0,0875 \text{ м}^2$ – через цей отвір подається повітря.

Нормальні масові швидкості для цих отворів для заданих потужностей:

$$\frac{0,046 \frac{\text{кг}}{\text{с}}}{0,0665 \text{ м}^2} = 0,692 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \text{ – газу,}$$

$$\frac{0,95 \frac{\text{кг}}{\text{с}}}{0,0875 \text{ м}^2} = 10,86 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \text{ – повітря.}$$

Цей параметр використано в системі моделювання руху потоків.

На частинку, що перебуває в потоці газу, діють нижчезазначені сили.

Сила повітряного потоку:

$$P = cKF \frac{\rho_{\text{повітря}} \cdot v^2}{2} = cK \frac{\pi d^2 \cdot v^2 \cdot \rho_{\text{повітря}}}{4 \cdot 2}, \quad (2)$$

де c – коефіцієнт аеродинамічного опору перерізу, $c \approx 0,5$ – залежить від критерію Рейнольдса; K – коефіцієнт, що враховує форму частинок; $K = 1$ для сферичної частинки;

$F = \frac{\pi d^2}{4}$ – площа міделева перерізу частинки.

Вага частинки:

$$G = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{матер}}. \quad (3)$$

Прирівнявши (2) та (3), знайдемо швидкість витання частинок:

$$cK \frac{\pi d^2 \cdot v^2 \cdot \rho_{\text{повітря}}}{4 \cdot 2} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{матер}}. \quad (4)$$

Для нашого прикладу:

$$v = \sqrt{\frac{8 \cdot \rho_{\text{фосфогіпсу}} \cdot c \cdot d}{6 \cdot \rho_{\text{повітря}} \cdot c \cdot K}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 2500 \cdot 0,0002}{6 \cdot 1,3 \cdot 0,5 \cdot 1}} = 1,013 \text{ м/с},$$

отже, за теоретичним розрахунком необхідно, щоб у вертикальній шахті дегідрататора швидкість потоку становила 1 м/с. Тут 0,0002 м – середній розмір частинки фосфогіпсу, 2500 кг/м³ – справжня густина матеріалу, 1,3 кг/м³ – густина повітря за нормальних умов.

Приклад візуалізації в системі моделювання – на рис. 4.

На рис. 5. – швидкість потоку у вертикальній шахті дегідрататора, швидкість потоку становить до 5,5–6 м/с, на рис. 6 швидкість потоку на вході у відцентровий циклон – 6 м/с.

Для зменшення швидкості потоку частинок фосфогіпсу в шахті дегідрататора вона була збільшена в діаметрі (з 0,48 м до 1 м), а замість одного великого циклону встановлено 6 маленьких циклонів із суттєвим зменшенням перерізу каналів на вході. На рис. 7. – моделювання варіанта 2.

Для варіанта 2 швидкість у вертикальній шахті (рис. 8) дегідрататора відповідає умові витання частинок у газовому потоці (швидкість майже 1 м/с). Швидкість потоку на вході у відцентровий циклон становить приблизно 20 м/с (рис. 9). Така швидкість вважається оптимальною для циклону.

Висновки. Виконане комп'ютерне моделювання установки для обпалення фосфогіпсу у зваженому стані дозволило визначити недоліки конструктивного виконання основних вузлів і запропонувати раціональні параметри.

Список літератури:

1. Bisone S., Gautier M., Chatain V., Blanc D. Spatial distribution and leaching behavior of pollutants from phosphogypsum stocked in a gypstack: Geochemical characterization and modeling. *Journal of environmental management*. 2017. Vol. 193. № 15. P. 567–575. URL: org/10.1016/j.jenvman.2017.02.055.
2. Vinnichenko V., Krot A., Vitsenko N. Theoretical and experimental research into manufacturing of silicate products without thermal treatment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology organic and inorganic substances*. 2016. Vol. 5. № 6 (83). P. 29–36. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/79465>.
3. Бутт Ю., Дудеров Г., Матвеев М. *Общая технология силикатов: учебник для техникумов*. М.: Стройиздат, 1976. 600 с.
4. Frankovic M. Waste Phosphogypsum – Toward Sustainable Reuse in Calcium Sulfoaluminate Cement Based Building Materials. *Chemical and biochemical engineering quarterly*. 2013. Vol. 27. № 2. P. 219–226.
5. *Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): справочник / под общей ред. А. Феронской*. М.: АСВ, 2004. 488 с.
6. Воробьев Х. *Гипсовые вяжущие и изделия: зарубежный опыт*. М.: Стройиздат, 1983. 200 с.
7. Спосіб переробки фосфогіпсу у гіпсове в'язуче: пат. на корисну модель 39919 Україна: МПК C04B 28/14 (2009.01). № а200811066; заяв. 11.09.08; опубл. 25.03.09. Бюл. № 6. 3 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФОСФОГИПСА

В статье моделируются процессы термической обработки техногенного отхода – фосфогипса – во взвешенном состоянии в шахте-дегидрататоре, использование которой значительно интенсифицирует процессы тепло- и массообмена благодаря увеличению поверхности контакта. Поставлена задача по выбору рациональной конструкции установки. Рассчитана теоретическая скорость витания частиц фосфогипса в дегидрататоре, расход топлива и количество воздуха для сжигания. Выбрана необходимая форма и размеры участков установки для достижения оптимальных скоростей. Выполненное компьютерное моделирование установки для термической обработки фосфогипса во взвешенном состоянии позволило определить недостатки конструктивного исполнения основных узлов и предложить оптимальные параметры.

Ключевые слова: фосфогипс, термическая обработка, энергоемкость, инжекционная горелка, моделирование потоков.

MODELLING AND CHOOSING THE RATIONAL DESIGN OF HEAT TREATMENT UNIT FOR PHOSPHOGYPSUM

In this article modelled processes of heat treatment of the technogenic waste – phosphogypsum – in a suspended state in a dehydrator mine. Its use greatly intensifies the processes of heat and mass transfer, due to the increase in the contact surface. The objective is to choosing a rational design of the installation. The theoretical velocity of the particles of phosphogypsum in the dehydrator, the fuel consumption and the amount of air for combustion are calculated. The necessary shape and dimensions of the plant sections were chosen to achieve optimum speeds. A computer simulation of the installation for heat treatment of phosphogypsum in suspension has been performed. This allowed us to determine the shortcomings of the design of the main units and to propose optimal parameters.

Key words: phosphogypsum, heat treatment, energy intensity, injection burner, flow simulation.

УДК 624.05

Менейлюк А.І.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Петровський А.Ф.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Борисов О.О.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Кирилюк С.В.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

ВЛАШТУВАННЯ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНОГО ЕКРАНА ДЛЯ ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ ВІД ПІДТОПЛЕННЯ

Розглянуто влаштування протифільтраційних завіс із застосуванням горизонтально спрямованого буріння. Використання протифільтраційних екранів для захисту від підтоплення. Розроблена технологічна карта для влаштування протифільтраційного екрана. Представлені основні технологічні процеси виконання робіт. Наведено техніко-економічні показники влаштування протифільтраційного екрана.

Ключові слова: протифільтраційний екран, захист від підтоплення, горизонтально спрямоване буріння, технологічна карта, техніко-економічні показники.

Постановка проблеми. Останнім часом усе гостріше стає проблема підтоплення ґрунтовими водами підвальних приміщень і підземних споруд. Основною причиною підтоплення територій є господарська діяльність людини. Процеси підтоплення призводять до численних негативних наслідків: погіршення санітарного стану територій (внаслідок затоплення смітників, вигрібних ям, розмноження гризунів і комах), деградації екосистем, забруднення поверхневих і підземних вод.

Підйому ґрунтових вод сприяють витoki з водогінних мереж, відсутність водовідведення в районах індивідуальної забудови, дощова каналізація, що погано працює. Разом із витокami росте живлення ґрунтових вод, підтоплення прогресує, побудованих локальних дренажів уже недостатньо для захисту всієї території. Різко погіршується екологічна ситуація, затоплені підвали, льохи, вигреби, смітники.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним зі способів захисту від підтоплення є влаштування протифільтраційних екранів. В основному екрани влаштовуються відкритим способом [1–3], однак він більше підходить для нового

будівництва і переносу об'єктів будівництва. Цілу низку вищезгаданих споруд не можна або не доцільно переносити й осушати.

Технологія влаштування горизонтального протифільтраційного екрана закритим способом із застосуванням технології горизонтально спрямованого буріння (далі – ГСБ) може застосовуватися для захисту споруд і будинків від підтоплення [4; 5].

Постановка завдання. Метою статті є аналіз застосування технології ГСБ для влаштування горизонтальних протифільтраційних екранів, які перспективно використовувати для захисту будинків і споруд від підтоплення.

Розроблення технологічної карти влаштування горизонтального протифільтраційного екрана з використанням технології ГСБ.

Виклад основного матеріалу дослідження. Є три основні технології створення протифільтраційного екрана в ґрунті, які засновані на бурінні спрямованих свердловин криволінійної форми за допомогою устаткування ГСБ і подальшого влаштування екрана трьома способами.

Перший – це розрізання ґрунту між свердловинами з одночасним заповненням порожнини протифільтраційним матеріалом. Для цього в

Науково-дослідному інституті будівельного виробництва (м. Київ) під керівництвом А.М. Галинського розроблене спеціальне устаткування [6].

Другий спосіб передбачає використання струменевої (Jet) технології для утворення порожнин між напрямними свердловинами й одночасне їхнє заповнення протифільтраційним матеріалом [7].

Третій спосіб влаштування протифільтраційного екрана – це так званий ін'єкційний спосіб [8]. Ін'єкційна технологія влаштування протифільтраційного екрана полягає в нижчезазначеному. Під спорудою з денної поверхні за допомогою бурової установки розбурюють ряд паралельно розташованих щодо підшови споруди свердловин. Після цього нагнітають у них закріплюючі або протифільтраційні розчини.

Розроблено технологічну карту комплексу робіт на влаштування протифільтраційного екрана в закритий спосіб для захисту споруд від підтоплення. Конструктивна споруда з розмірами в плані 32 x 50 м і глибиною підземної частини 3 м. Ґрунт представлений у вигляді суглинку з уламками скельних порід.

Горизонтальний протифільтраційний екран створюється під спорудою і обгинає її підземну частину. Сумарна площа всіх елементів протифільтраційного екрана становить 3 186 м².

До складу робіт з даного об'єкта входять:

- пілотне буріння свердловин за заданою проектом траєкторією;
- розширення свердловин і затягування в них струминного монітора;
- розроблення ґрунту високонапорними струменями розчину з одночасним заповненням порожнини протифільтраційним матеріалом;
- влаштування вертикальних елементів протифільтраційного екрана;
- влаштування замикаючих елементів протифільтраційного екрана.

Буріння свердловин здійснюють методом горизонтально спрямованого буріння установкою Navigator D7x11 Series II фірми "Vermeer".

Організація і технологія виконання робіт. Влаштування такого типу екрана складається із двох окремих технологій. Перша – це влаштування горизонтального екрана за допомогою ГСБ і стру-

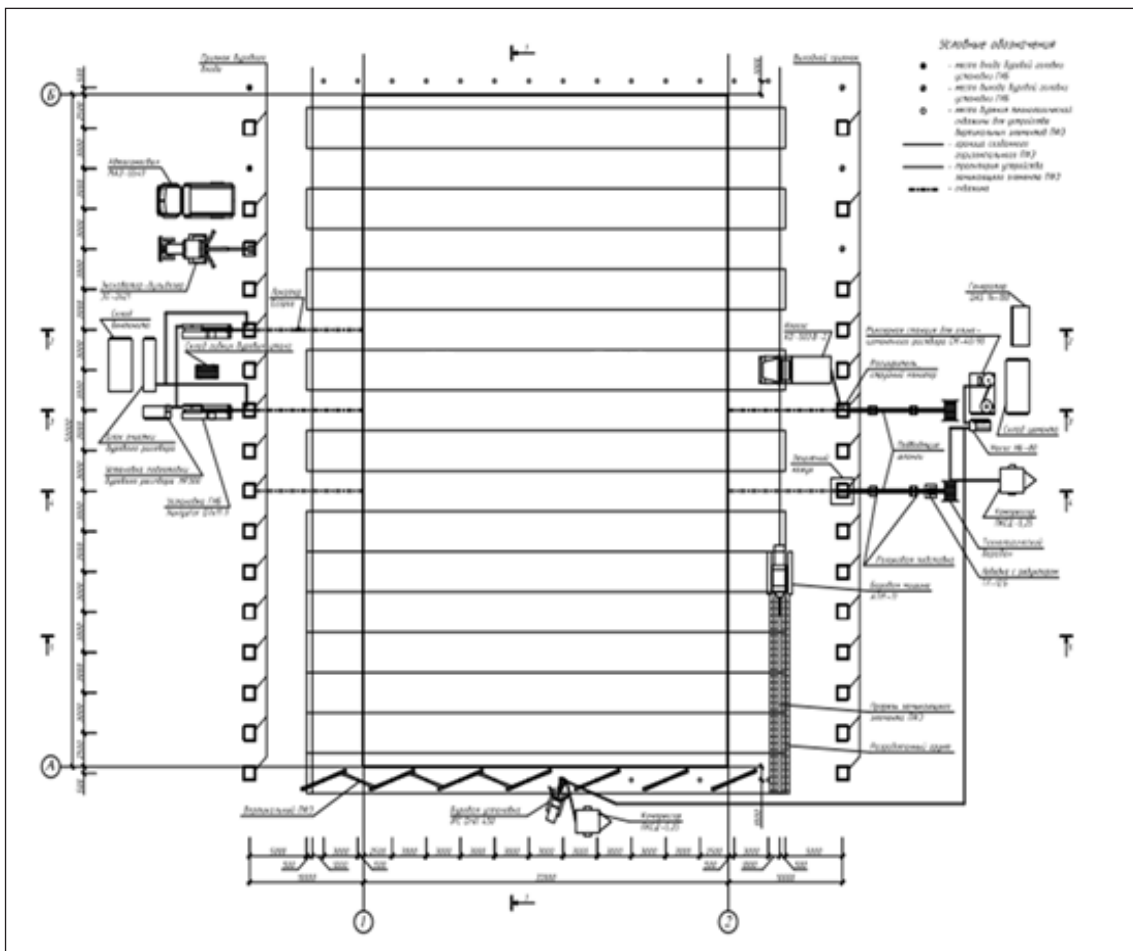


Рис. 1. Схема влаштування протифільтраційного екрана

меневого монітора, а друга – влаштування вертикальної протифільтраційної завіси в традиційний спосіб. На рис. 1 показана схема влаштування екрана за інноваційною технологією.

На схемі ми можемо побачити, що технологічне устаткування розміщується обабіч споруди. Ліворуч на рисунку розташована машина для ГСБ, за допомогою якої прокладаються пілотні свердловини з подальшим розширенням до діаметра струминного монітора, а праворуч – обладнання для протягання струминного монітора з одночасним утворенням самого екрана.

Усі роботи з розміщення технологічного устаткування та створення напрямних свердловин виконуються за відомою технологією буріння. Прокладена пілотна свердловина діаметром 90 мм. Свердловина влаштовують на глибину 5 м. Довжина свердловин становить 53 м. Буріння роблять зі швидкістю 3 м/хв. Варто докладніше зупинитися на роботах, пов'язаних із використанням струминного монітора. По завершенню пілотного буріння свердловину розширюють до діаметра 150 мм за один прохід з одночасним затягуванням струминного монітора зі швидкістю 2 м/хв. (рис. 2). Водночас бурова головка від'єднується від бурових штанг і замість неї приєднується розширник зворотної дії. За ним, через спеціальний шарнір і перехідник, до петлі приєднується струминний монітор, який затягується у свердловину водночас з її розширенням.

Для забезпечення безперешкодного протягання об'єкта через розширену свердловину діаметр повинен на 25–30% перевищувати діаметр об'єкта.

Протифільтраційний екран під спорудою створюють із застосуванням технології струминної цементації ґрунтів. Сутність її полягає у викорис-

танні енергії струменя високого тиску розчину для розроблення ґрунту й одночасного заповнення порожнини протифільтраційним матеріалом, водночас відбувається перемішування ґрунту з розчином. Для цього застосовується устаткування, основну частину якого становить струминний монітор (рис. 3) із розміщеними на його поверхні рідинними насадками (соплами). Призначення сопел – перетворення високого тиску розчину, що розвивається цементувальним насосом, на кінетичну енергію струменя. До верхнього торця монітора приєднують трубопроводи. Для підвищення ефективності дії струменя монітори оснащуються додатковим соплом. Воно виконується у вигляді кільцевого зазору навколо водяного сопла. Через цей зазор-насадку подається стиснуте повітря. Повітряна порожнина, що водночас утворюється, відокремлює струмінь від підземної води й бурового розчину й тим самим збільшує дальність його дії.

Перед початком робіт із застосуванням струминної технології повинні бути встановлені й підготовлені до роботи всі необхідні механізми й устаткування, а також приготовлений глиноцементний розчин.

Основні параметри струминної технології:

- портландцемент – М400;
- бентонітовий порошок – ПБМ-16;
- водоцементне відношення розчину – від 0,8 до 1,0;
- тиск нагнітання розчину – 6–10 МПа;
- продуктивність подачі цементного розчину – 7–10 м³/год.;
- тиск стиснутого повітря – 0,7 МПа;
- продуктивність подачі стиснутого повітря – 5,25 м³/хв.;

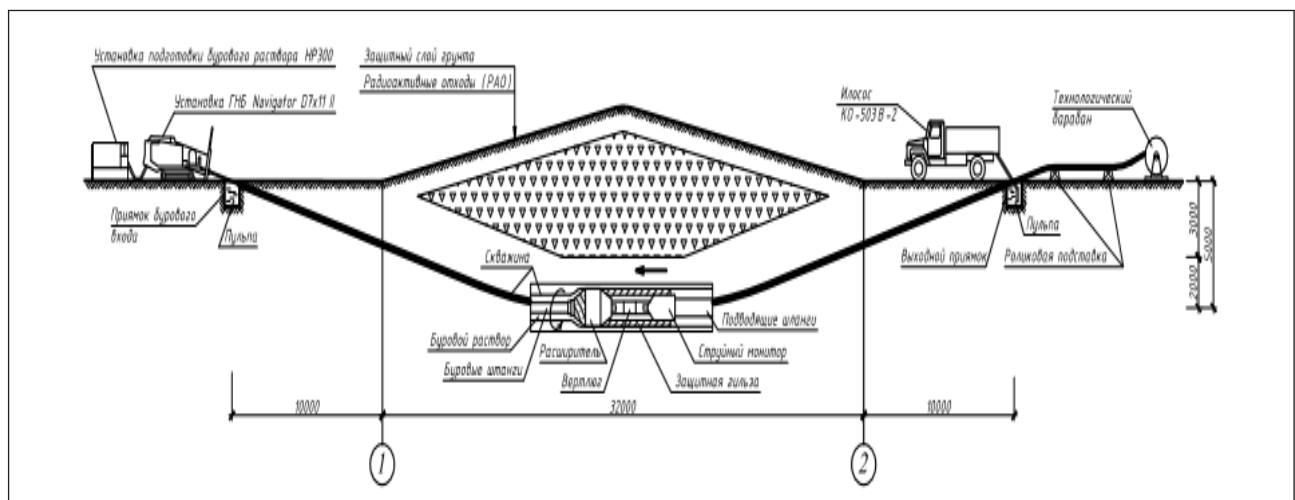


Рис. 2. Розширення свердловини і затягування в неї струминного монітора

- кількість сопел для розчину – 2 шт.;
- діаметр сопел – 3–5 мм;
- швидкість протягання монітора – 0,2⁻¹ м/хв.

Влаштування екрана в ґрунті здійснюють протяганням струминного монітора в напрямній свердловині за допомогою лебідки з одночасною подачею розчину, що твердіє. Струминний монітор осна-

щено двома діаметрально протилежними рідинними соплами, що дозволяє робити розмив ґрунту у двох протилежних напрямках. Отже, два струменя розчину під дією стисненого повітря розмивають у ґрунті порожнину і водночас заповнюють її протифільтраційним матеріалом. Після твердіння розчину в ґрунті утворюється секція протифільтраційного екрана товщиною 10–20 см і завширшки до 4 м.

Горизонтальний протифільтраційний екран влаштовують окремими секціями від свердловини до свердловини. Усього необхідно влаштувати 18 секцій. Влаштування екрана потрібно робити за двосторонньою глухою схемою, тобто для влаштування однієї секції необхідна одна шпара, з якої ґрунт розвивається у двох діаметрально протилежних напрямках. Суміжні секції треба розташовувати під кутом 140°. Це необхідно для забезпечення надійного змикання секцій. Відстань між технологічними свердловинами в карті дорівнює 3 м, розрахункова довжина секції – 3,2 м.

Екран за двосторонньою глухою схемою влаштовують у два етапи, спершу виконуються всі непарні секції, а потім – парні, що забезпечує належне стикування між секціями й запобігає виносу розчину з готових секцій.

Щоб уникнути виходу струменя розчину на денну поверхню, вихідний прямок необхідно накрити захисним металевим кожухом, а горизонтальний протифільтраційний екран варто влаштувати з розрахунком, щоб відстань від струменя розчину до денної поверхні становила не менш ніж 0,5 м. Для цього розчин у струминний монітор починають подавати на відстані 5 м від початку свердловини й припиняють подачу розчину на відстані 5 м від її закінчення. Для замикання горизонтального протифільтраційного екрана з денною поверхнею влаштовують замикаючі елементи протифільтраційного екрана.

Таблиця 1

Техніко-економічні показники

№ п/п	Найменування показника	Од. вим.	Кількість
1	Загальна трудомісткість робіт	людино-день	99,53
2	Витрати праці на одиниці об'єму	людино-день/м ²	0,031
3	Виробіток на одного робітника в зміну	м ² /см	35,4
4	Загальна тривалість будівництва	дні	23

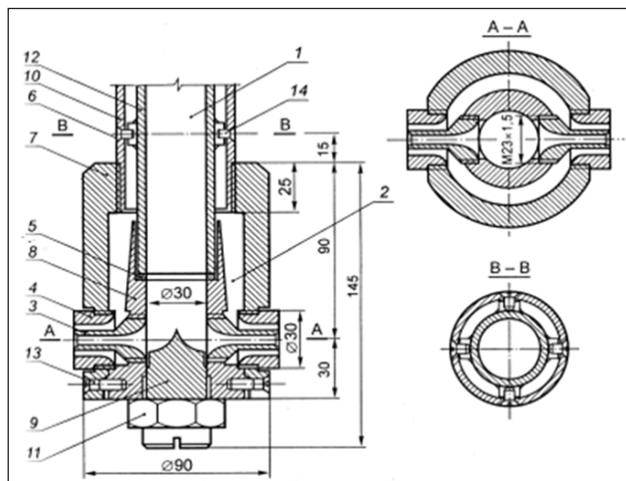


Рис. 3. Двокомпонентний струминний монітор:

- 1 – канал для подачі, рідини, що розмиває; 2 – канал для стиснутого повітря; 3 – насадка (сопло) для рідини, що розмиває; 4 – повітряна насадка (сопло); 5 – ущільнююче кільце; 6 – гніздо кріпильного гвинта; 7 – зовнішній корпус; 8 – внутрішній корпус; 9 – напрямна для потоку рідини; 10 – зовнішня труба для стиснутого повітря; 11 – гайка; 12 – внутрішня труба для рідини, що розмиває; 13 – регулюючий гвинт; 14 – гвинт кріплення

Висновки.

1. Проведений аналіз застосування технології ГСБ для влаштування горизонтальних протифільтраційних екранів, які перспективні для захисту від підтоплень.
2. Розроблена технологічна карта дозволяє зробити протифільтраційний екран під наявними спорудами, у ґрунтах із твердими включеннями.

Список літератури:

1. Глебов В.Д., Лысенко В.П., Бельшев А.И. О долговечности полиэтиленовых противофильтрационных устройств грунтовых гидротехнических сооружений 184. Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1979. Т. 128. С. 3–7.
2. Инструкция по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов (СН 551–82). М.: Стройиздат, 1983. 40 с.
3. Косиченко Ю.М., Белов В.А. Новые конструкции полимерных противофильтрационных экранов. Гидротехника и мелиорация. 1987. № 11. С. 57–61.

4. Бойко Г.А., Азбель Г.Г., Никольская Г.Н. Применение тонких противofильтрационных диафрагм в условиях Белоруссии. Строительство и архитектура Белоруссии. 1980. № 4. С. 31.
5. Бунтман А.Д. Об использовании противofильтрационных завес для защиты котлованов от притока грунтовых вод. Энергетическое строительство. 1978. № 2. С. 86–87.
6. Способ устройства экрана под сооружением: пат. 35065А Украина: МКИ6Е02D29/00; заявл.05.08.1999; опубл. 15.03.2001. Бюл. № 2.
7. Спосіб улаштування екрана під спорудою: пат. 65550А Україна: МПК (2011.01) Є02029/00; заявл.12.05.2011; публік.12.12.2011. Бюл. № 23.
8. Спосіб улаштування протифільтраційної завіси під спорудою: пат. 91704 Україна: МПК (2014.01) Е02В3/00; заявл. 26.02.2014; опубл. 10.07.2014. Бюл. № 13.

УСТРОЙСТВО ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО ЭКРАНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ

Рассмотрено устройство противofильтрационных экранов с применением горизонтально направленного бурения. Использование противofильтрационных экранов для защиты от подтопления. Разработана технологическая карта для устройства противofильтрационного экрана. Представлены основные технологические процессы производства работ. Приведены технико-экономические показатели устройства противofильтрационного экрана.

Ключевые слова: *противofильтрационный экран, защита от подтопления, горизонтально направленное бурение, технологическая карта, технико-экономические показатели.*

CREATION OF THE ANTIFILTRATIONAL SCREEN FOR PROTECTION OF UNDERGROUND SPACE AGAINST FLOODING

The device of antifilter curtains with application of Horizontal Directional Drilling. Use of antifilter screens to protect against flooding. The technological card for the device of an antifilter screen is developed. The main technological processes of production work are presented. The technical and economic indicators of the antifilter screen device are given.

Key words: *antifilter screen, protection against flooding, horizontal directional drilling, technological map, technical and economic indicators.*

УДК 624.012.46

Постернак А.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Кравченко С.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЛЁГКИХ БЕТОНОВ НА ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

На основании проведенного натурного эксперимента по определению прочностных и деформативных характеристик легких бетонов на пористых заполнителях получены трехфакторные уравнения регрессии, на основании которых были построены линейные уравнения прочности и деформативности. Полученные уравнения позволяют осуществлять подбор составов легких бетонов с последующим использованием его в бетонных и железобетонных конструкциях.

Ключевые слова: прочность, деформативность, линейные уравнения, легкий бетон, пористые заполнители.

Постановка проблемы. В последние годы внимание сосредоточено на разработке и применении конструкций с использованием новых материалов и компонентов, обладающих улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Известно, что одной из актуальнейших задач в деятельности строительного комплекса страны является развитие производства конкурентоспособных изделий и конструкций для жилых, гражданских и промышленных зданий. Создание конструкций сниженной материалоемкости и требуемой долговечности с одновременной разработкой ресурсосберегающих технологий их изготовления – это одно из основных направлений успешного решения указанной задачи [1].

Анализ последних исследований и публикаций. За последнее время накопилось много исследований прочности и деформаций легких бетонов и конструкций на их основе, приведены в работах М.А. Ахматова, Э.М. Бабича, В.Н. Вырового, Б.С. Комисаренко, Р.Л. Маиляна, Л.П. Орендлихера, Н.Я. Спивака, В.Г. Суханова, А.Б. Пирадова и др.

На современном уровне значительный вклад в развитие бетонов с использованием шлака и золы внесли Ш.Т. Бабаев, Е.В. Гончикова, С.А. Высоцкий, Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин, А.Г. Зоткин, М.Ю. Лещинский, Н.Р. Рузиев, А.В. Каляскин, и др., но ресурсосберегающие вопросы за счёт применения промышленных отходов при изго-

товлении пористых заполнителей и вяжущих преимущественно рассматриваются для тяжелых бетонов.

Постановка задачи. Поставленная цель исследования достигается на основе решения задачи о получении основных расчетных параметров легких бетонов на пористых заполнителях, что позволяет более точно нормировать их значения и повысить расчетную несущую способность конструктивных элементов, а также избежать недооценок их трещиностойкости и деформативности.

Изложение основного материала исследования. В работах [2–5] исследованы основные свойства керамзитобетона на карбонатном и кварцевом песках с применением многокомпонентных вяжущих, определены оптимальные составы для изготовления сборных и монолитных железобетонных элементов и конструкций.

Оптимальные составы и прочностные характеристики исследуемых бетонов приведены в табл. 1.

По результатам экспериментальных исследований с 95% надежностью получены квадратичные уравнения регрессий кубиковой и призмочной прочности на 28 сутки керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем и кварцевом песке, которые с учетом только значимых коэффициентов регрессии имеют вид:

$$f_{ck}(28) = 19,95 + 3,7x_1 + 1,7x_2 + 1,9x_3 + 3,0x_4 + 2,7x_1^2 + 1,2x_1x_3 - 1,4x_4^2 - 2,1x_5^2 \quad (1)$$

$$f_{cd}(28) = 18,5 + 3,3x_1 + 1,5x_2 + 1,7x_3 + 2,8x_4 + 2,5x_1^2 + 1,1x_1x_3 - 1,178x_4^2 - 1,833x_5^2 \quad (2)$$

Для упрощення квадратичних уравнений регресии (1,2) была использована линейная зависимость вида:

$$f_{ck}(28) = 55,2 - 34,4[(B/MKB) + r] \quad (3)$$

$$f_{cd}(28) = 19,2 - 30,3[(B/MKB) + r] \quad (4)$$

В результате применения регрессионного анализа принято линейное уравнение регрессии модуля упругости керамзитобетона на кварцевом песке и многокомпонентном вяжущем, которое имеет вид:

$$E_c(28) \cdot 10^{-3} = 25,136 - 12,8[(B/MKB) + r] \quad (5)$$

Полученные данные по керамзитобетону на карбонатном песке близки с результатами для керамзитобетона на кварцевом песке и на 15–20% превышают значения модуля упругости керамзитобетона

на керамзитовых песках. На рис. 1 представлена зависимость модуля упругости от прочности.

Из рис. 1 следует заметить, что модуль упругости керамзитобетона на кварцевом песке больше, чем на карбонатном, и в среднем их значения отличаются на 10%. Пониженный модуль упругости для некоторых видов легких бетонов отмечался также и в работах других авторов.

Одним из основных факторов, влияющих на параметрические точки микротрещинообразования, являются прочность сцепления между цементным камнем и зернами заполнителя.

Из рис. 2 для линии 1 получены линейные зависимости напряжений осевого сжатия от приложенной прочности керамзитобетона (6) и (7).

$$R_{cr}^0 / f_{cd} = 0,2618 + 0,0873 \lg(f_{cd}) \quad (6)$$

$$R_{cr}^v / f_{cd} = 0,7629 + 0,0589 \lg(f_{cd}) \quad (7)$$

Таблица 1

Составы и характеристики легких бетонов

Проектная прочность, МПа	Цемент, кг/м ³	Зола, кг/м ³	Известь, кг/м ³	Крупный заполнитель, кг/м ³	Песок, кг/м ³	Вода, л	f _{ck(m)} , МПа	f _{ck(28)} , МПа	□, кг/м ³	Примечание
Керамзитобетон на карбонатном песке										
0	250	-	-	392	472	270	-	10,6	1190	Бетон естественного твердения
5	400	-	-	267	750	250	-	19,7	1480	
20	550	-	-	152	1002	230	-	22,9	1670	
25	550	-	-	143	933	270	-	25,7	1690	
Кералитобетон на карбонатном песке										
0	250	-	-	211	1194	202	7,4	10,7	1685	Карбонатный песок Орловского месторождения
5	280	-	-	342	1025	178	11,7	19,1	1675	
20	360	-	-	325	975	192	15,4	23,7	1690	
25	455	-	-	306	919	203	20,1	25,9	1710	
Керамзитобетон на кварцевом песке и многокомпонентном вяжущем (МКВ)										
0	110	150	130	420	480	245	9,8	10,8	1320	С-3 – 0,3...0,5%, гипс – 25кг/м ³
15	120	200	150	350	430	266	13,2	16,1	1425	
20	180	150	125	440	360	275	18,6	21,9	1400	
25	240	200	150	350	280	284	25,8	28,5	1450	
Керамзитоперлитобетон на многокомпонентном вяжущем (МКВ)										
5	100	100	160	450	190	225	4,2	5,1	1120	С-3 – 0,3...0,4%, гипс – 20кг/м ³
7,5	160	150	130	440	210	240	6,3	7,4	1260	
10	190	210	130	520	350	305	8,7	10,4	1370	
12,5	210	200	150	480	475	325	11,7	13,2	1450	
Керамзитобетон на карбонатном песке и цементно-зольном вяжущем [6]										
15	250	90	-	545	572	210	14,5	16,4	1565	С-3 – 0,6%
20	300	120	-	430	725	225	17,6	20,7	1665	
25	350	150	-	505	540	245	21,2	26,6	1690	

На рис. 2 приведены данные о характеристиках деформирования призм, из которых видно, что напряжения осевого сжатия для керамзитобетона LC12/15 равно $R_{срс}^0 = (0,49-0,54) f_{cd}$ и для марки М250 – $R_{срс}^0 = (0,51-0,57) f_{cd}$. Напряжения, соответствующие началу образования магистральных трещин разрушения, очень близки к призменной прочности керамзитобетона ($R_{срс}^v = 0,9 - 0,95 f_{cd}$), что и объясняет хрупкое разрушение призм.

В настоящих исследованиях повышенные границы микротрещинообразования позволяют рекомендовать керамзитобетоны, в т. ч. и на цементно-зольном вяжущем, для конструкций.

По испытаниям на сцепление арматуры с бетоном по зависимостям: $\tau_{сц} = N / \pi d l_{зад}$; $\sigma_0 = N / A_s$, получены с 95% надежностью уравнения регрессии разрушающих напряжений сцепления $\tau_{сц}^n$ и $\tau_{сц}^{сст}$ и напряжений в арматуре в момент сдвига незагруженного конца арматуры σ_0^n , $\sigma_0^{сст}$:

$$\tau_{сц}^n = 6,884 + 0,638x_1 - 1,38x_2 - 0,242x_1^2 - 0,09x_1x_2 + 0,863x_2^2 \quad (8)$$

$$\tau_{сц}^{сст} = 8,117 + 0,837x_1 - 1,645x_2 + 0,02x_1^2 - 0,068x_1x_2 + 0,885x_2^2 \quad (9)$$

$$\sigma_0^n = 170,3 + 57,44x_1 + 103,1x_2 + 3,955x_1^2 + 29,97x_1x_2 + 29,88x_2^2 \quad (10)$$

$$\sigma_0^{сст} = 195,5 + 60,0x_1 + 129,0x_2 + 1,603x_1^2 + 31,61x_1x_2 + 36,1x_2^2 \quad (11)$$

С возрастанием прочности (класса) бетона $\tau_{сц, разр.}$ увеличивается пропорционально. Для равных длин заделки приращение $\tau_{сц, разр.}$ разное и уменьшается с увеличением заделки.

Для разной прочности керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем пропаренного

и естественного твердения перемещения незагруженного конца, которые пропорциональны нагрузкам, разные, и находятся в таких пределах: R15 МПа – 8-12 мкм; R20 МПа – 10-15 мкм; R25 МПа – 15-20 мкм.

Опытные значения усадочных деформаций керамзитобетона естественного твердения составили $(66...90)10^{-5}$, при использовании тепловлажностной обработки усадку керамзитобетона на известняковом песке можно уменьшить на 30%.

Ползучесть пропаренного керамзитобетона на кварцевом песке выше на 18–22,6% значения ползучести керамзитобетона на карбонатном песке.

По результатам экспериментальных исследований с 95% надежностью получены квадратичные уравнения регрессии кубиковой и призменной прочности на 28 сутки, керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем и кварцевом песке, которые с учетом только значимых коэффициентов регрессии имеют вид:

$$f_{ck}(28) = 6,99 + 4,4x_1 + 1,14x_2 - 0,95x_3 + 0,45x_1x_2 - 0,46x_1^2 + 0,54x_2^2 + 0,29x_3^2 \quad (12)$$

$$f_{cd}(28) = 5,87 + 4,27x_1 + 1,14x_2 - 0,93x_3 + 0,59x_1x_2 - 0,21x_2x_3 + 0,47x_2^2 + 0,42x_3^2 \quad (13)$$

Для упрощения квадратичных уравнений регрессии (12), (13), была использована линейная зависимость вида:

$$f_{ck}(28) = 24,4 - 17,1[(В/МКВ) + r] \quad (14)$$

$$f_{cd}(28) = 23,5 - 16,8[(В/МКВ) + r] \quad (15)$$

В результате применения регрессионного анализа принято линейное уравнение регрессии модуля упругости керамзитоперлитобетона на многокомпонентном вяжущем, которое имеет вид:

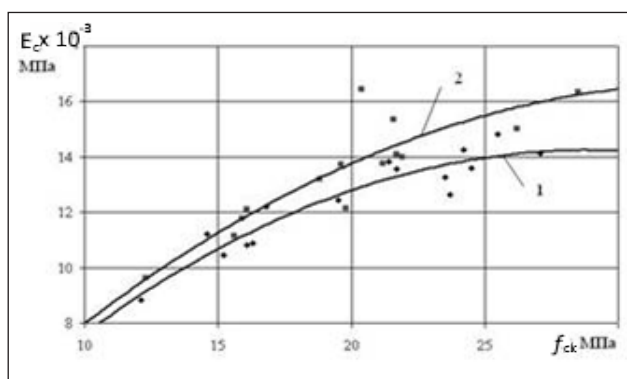


Рис. 1. Зависимость модуля упругости от кубиковой прочности:

- 1 – керамзитобетон на карбонатном песке [3];
- 2 – керамзитобетон на кварцевом песке [7].

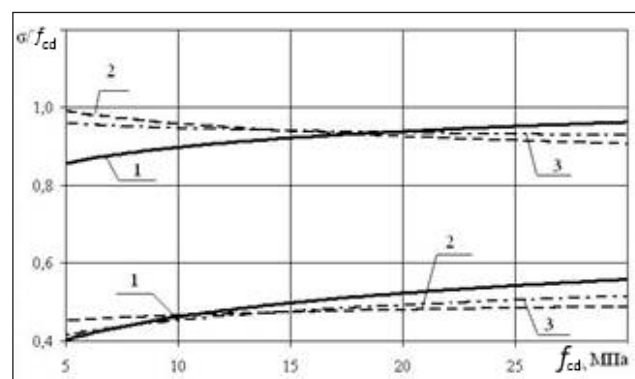


Рис. 2. Зависимость верхней и нижней границ микротрещинообразования керамзитобетона от призменной прочности:

- 1 – на карбонатном песке и цементно-зольном вяжущем [2];
- 2 – на кварцевом песке и МКВ [6]; 3 – на карбонатном песке [3].

$$E_c(28) \cdot 10^{-3} = 21,1 - 13,4[(B/MKB) + r] \quad (16)$$

По результатам экспериментальных исследований прочности свойств кералитобетона с 95% надежностью были получены квадратичные уравнения регрессий кубиковой и призмной прочностей, модуля упругости, микротрещинообразования, предельной сжимаемости, усадки, ползучести на 28 сутки, для их упрощения была исследована и линейная зависимость [6].

$$f_{cd}(28) = 41,3 - 14,7[(B/C) + r] \quad (17)$$

Для установления коэффициента призмной прочности ϕ_b были использованы опытные значения контролируемых параметров $f_{(28)}$, $f_{cd(28)}$, что позволило методом наименьших квадратов получить уравнение регрессии:

$$\phi_c = 0,933 + 0,0032 f_{ck} - 0,000149 f_{ck}^2 \quad (18)$$

В результате применения регрессионного анализа принято линейное уравнение регрессии модуля упругости кералитобетона, которое имеет вид:

$$E_c(28) \cdot 10^{-3} = 19,14 - 4,71[(B/C3) + r] \quad (19)$$

Для определения границ области микротрещинообразования кералитобетона на карбонатном песке использовали квадратичные уравнения регрессии $R_{срс}^0(28)$ и $R_{врс}^0(28)$ в зависимости от факторов состава [7]. В результате применения регрессионного анализа для каждого из принятых возрастов кералитобетона были получены линейные уравнения регрессии вида:

$$R_{срс}^0(28) = \{0,571 - 0,064(B/C+r)\} f_{cd}; \quad (20)$$

$$R_{врс}^0(28) = \{0,982 - 0,030(B/C+r)\} f_{cd}; \quad (21)$$

Развитие во времени процесса усадки и ползучести кералитобетона достаточно достоверно может быть аппроксимировано зависимостью (22) в любой момент времени $t > 1$.

$$\varepsilon_{sc}(t, t_w) = \left[144,7 \left(\frac{B}{C} + r \right) - 73,1 \right] \cdot \left[1 - e^{-0,0101 \left(\frac{B}{C} + r \right) (t-1)} \right] \quad (22)$$

Предельное значение меры ползучести в возрасте 28 суток можно определить по линейному уравнению (23).

$$C(\infty, 28) = 1,317 \left(\frac{B}{C} + r \right)^{2,1} \quad (23)$$

Выводы. 1. Влияние указанных факторов с достаточной для практики точностью рекомендуется осуществлять, используя квадратические уравнения регрессии для смесей и линейных уравнений для лёгкого бетона.

2. Для оптимизации составов рекомендуется использовать методику комплексного подхода, учитывая технологические и эксплуатационные требования к бетону. Использование золы-уноса и карбонатного песка в легких бетонах является наиболее перспективным способом экономного потребления цемента и производства заполнителей.

3. Получены удобные для практического использования зависимости основных свойств (прочности и деформативности) конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем прочностью 5–30 МПа

4. Легкие бетоны на пористых заполнителях юга Украины могут быть рекомендованы для изготовления бетонных и железобетонных конструкций прочностью 5–30 МПа.

Список литературы:

1. Бабич Е.М. Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях. Киев: Вища школа, 1988. 207 с.
2. Кравченко С.А., Постернак А.А., Костюк А.И., Столевич И.А. Свойства керамзитобетона на цементно-зольном вяжущем и карбонатном песке. Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. Рівне: УДУВГП. 2014. Вип. 28. С. 54–60.
3. Костюк А.И., Столевич И.А., Кравченко С.А., Столевич О.И. Исследование свойств керамзитобетона на цементно-зольном вяжущем и карбонатном песке. Проблеми сучасного будівництва: матеріали Всеукраїнської конференції молодих вчених та студентів (Полтава, 2013). Полтава, 2013. С. 120–124.
4. Кравченко С.А., Постернак О.О. Дослідження конструкцій з керамзитобетону на цементно-зольному в'язучому. Вісник ОДАБА: зб. наук. праць. Одеса: ОДАБА. 2016. Вип. 64. С. 141–146.
5. Кравченко С.А., Постернак А.А., Костюк А.И., Столевич И.А. Модуль упругости конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона на многокомпонентном вяжущем. Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. Рівне: УДУВГП. 2013. Вип. 25. С. 90–96.
6. Зинченко С.В., Столевич А.С., Луцкий Е.С. Прочностные и деформативные характеристики конструкционного керамзитобетона на цементно-зольном вяжущем. Будівельні конструкції: міжвід. наук.-техн. зб. наук. праць. Київ: НДІБК. 2009. Вип. 72. С. 223–231.
7. Столевич И.А., Костюк А.И. Конструктивные элементы из кералитобетона. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури: зб. наук. праць. Одеса: Зовнішрекламсервіс. 2004. Вип. 13. С. 154–159.

ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛЕГКИХ БЕТОНІВ НА ПОРИСТИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ

На основі проведеного натурного експерименту з визначення міцнісних і деформативних характеристик легких бетонів на пористих заповнювачах отримані трифакторні рівняння регресії, на основі яких були побудовані лінійні рівняння міцності і деформативності. Отримані рівняння дозволяють здійснювати підбір складів легких бетонів із подальшим використанням його у бетонних і залізобетонних конструкціях.

Ключові слова: *міцність, деформативність, лінійні рівняння, легкий бетон, пористі заповнювачі.*

THE MAIN PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH POROUS AGGREGATE

On the basis of the made natural experiment by definition strength and the deformation characteristics of lightweight concrete with porous aggregate the three-factorial equations of regression have been received, on the basis of which the linear equations of durability and deformability have been constructed. The received equations allow to carry out selection of lightweight concrete compositions with the subsequent use it in concrete and reinforced concrete designs.

Key words: *durability, deformability, linear equations, lightweight concrete, porous aggregate.*

UDC 69.059.4:65.011.14

Posternak I.M.

The Odessa state academy of building and architecture.

Posternak S.A.

Private company “Composite”, Odessa

“CSTCT-PPR”: METAL TILE ROOFS OF HISTORICAL BUILDING OF ODESSA

It is offered to create in the city of Odessa “Corporate scientific and technical a complex town-planning power reconstruction “CSTC T-PPR”, as the innovative organizational structure using in practice the saved up scientific and technical potential for reconstruction of buildings of historical building of Odessa 1820–1920 years under standards power efficiency. Calculation of predicted average service life of roofing covering from a metal tile for finishing parts of some reconstructed buildings of historical building of Odessa 1820–1920 years is executed. The received result much less than standard service life for the given kind of a metal tile ($T_{st} = 20$ years; $T_{av} = 141.2$ months ≈ 12 years) and depend on a considerable quantity of random factors, including from quality of civil and erection works.

Key words: operation of buildings, organizational structure, corporate scientific and technical a complex town-planning power reconstruction, roofs.

Introduction. As one of perspective forms integration various complexes act in town-planning structure. In the course formation plans social and economic development large cities even more often there is a situation when for increase efficiency used financial, material and a manpower concentration of efforts, but also new progressive forms the organization building manufacture is necessary not simply. We offer to create the corporate complexes having various scales, the purposes, structure (in town-planning reconstruction – Corporate scientific and technical complexes town-planning power reconstruction “CSTC T-PPR”).

Analysis of recent research and publications. The concept covers “a town-planning heritage” both separate buildings, and large quarters, zones the historical centers and a city as whole. “The city is the integral of human activity materialized in architecture...”. Such capacious definition to a difficult city organism was given by architect A.K. Byrov. A new city – the instant phenomenon. Time having arisen, it becomes historical category in the course of the development and is object of modern consideration [1; 2].

Value a historical architecturally-town-planning heritage is defined by following positions:

– architectural and town-planning achievements last epoch are one of the major components of a historical and cultural heritage;

– monuments history and culture, the historical architectural and spatial environment enriches the appearance of modern cities;

– presence the developed ensembles causes aspiration to harmony with surrounding context.

According varying social and economic conditions life in city organism naturally die off old fabrics and are born new, therefore updating of cities occurs consistently, by replacement of an out-of-date supply available and gradual transformation by this basis planning structures in whole or its separate elements. The purpose reconstruction and restoration an architecturally-town-planning heritage is preservation composite and aesthetic features the historical city environment. Town-planning reconstruction is a purposeful activity on change before the generated town-planning structure, caused by requirements development and perfection. The concept reconstruction of cities has double sense. On the one hand, it reflects development the occupied places, improve their spatial organization, proceeding long time. On the other hand, it is material result, a building condition at present. Only having understood these parties reconstruction in their interrelation, it is possible to approach correctly to an estimation problems and to establish methods a reorganization of cities. Reconstruction – the continuous process which is

passing in each city differently, depending on the previous growth and modern requirements. It pre-determines value a city as historical phenomenon in which various epoch intertwine. And in a modern city organism its components continuously change [3–9].

In town-planning the tendency to integration, both in sphere production of goods, and in management sphere is shown. The expanded reproduction demands the further increase level a division of labor, concentration and specialization of building manufacture, an intensification exchange of results is industrial-economic activities.

Setting objectives. To offer the organizational structure using in practice the saved up scientific and technical potential for reconstruction buildings of historical building of Odessa 1820–1920 years under standards power efficiency and to execute (for example) calculation of predicted average service life a roofing covering of such buildings.

The main material research. As a leading sign expediency application coordination principles management generality the economic purposes and the problems, demanding close industrial cooperation branches acts.

From positions of methodology management CSTC T-PPR is the economic object of the new class which has received the name integration. Its specificity follows from its integrated approach that assumes:

- high level coincidence interests the basic industrial organizations entering in CSTC T-PPR at preservation a branch accessory and its corresponding inclusiveness in branch systems planning, financing, logistics and management;

- the interrelation economic activities defining them dependence in achievement both own, and branch – the purposes forming the given complex;

- territorially caused social and economic unity, impossible without realization coordinated economic policy, free from tactical and departmental restrictions.

Such are the most general features, testifying that at the organization of management CSTC T-PPR it is impossible to adapt only an operating economic mechanism, search of new forms and methods is necessary. In effect, the main problem today is maintenance of coordination in activity the controls concerning various links and levels building branch. Suggest them to unite “under the general roof” as the uniform owner is necessary more often. But such structures are too bulky, unhandy, and are not always realized in practice, especially in building. It is necessary to organize thus participants CSTC T-PPR that they, realizing own purposes, would reach also the

general results – we will tell, with partners in building of those or other building objects or with accessory manufacturers, though and not participating directly in works, but providing them, etc. Such mechanism is a coordination. Integrity CSTC T-PPR is given by not so much spatial organization, how many that end result – a product manufacture reconstruction which and is created by builders. Now, when the emphasis becomes on economic control levers, neglect lessons coordination management in relation to primary economic cells are necessary for considering.

Successfully to develop CSTC T-PPR it is necessary to consider changes in a control system municipal economy, and the happened cardinal changes in economy. Especially it concerns problems with acceleration technical updating sphere manufacture of building materials.

Today struggle against bureaucratize of administrative apparatus is everywhere conducted, “superfluous” control links are liquidated, necessity existence many organizational structures the government is called into question. Instead those contractual associations are created. There is a deep and exact criterion for estimation the chosen way – how much it will be possible to remove sharpness contradictions available in a former control system, to make their motive power of development.

The drastic contradiction in today’s economy is a discrepancy between the saved up scientific and technical potential and its use in practice. All newest history development public systems is a continuous search effective ways development scientific achievements for satisfaction increasing requirements the person.

At legislative level in Odessa operate: the Program support of investment activity in territory a city of Odessa on 2016–2018 [10] which acceptance is caused by necessity creation conditions for activation the investment activity directed on improvement environment for conducting business and economic activities, improvement the general macroeconomic indicators, as consequence maintenance constant social and economic development a city of Odessa; and the Complex Program development building in the city of Odessa on 2013–2018 [11] which is directed on the decision such basic problem questions town-planning sphere a city of Odessa as housing construction development, and also updating a technical condition objects social appointment and an engineering-transport infrastructure.

Reconstruction historical building has the big social and economic value. Its primary goals consist not only in prolongation service life buildings,

but also in liquidation physical and an obsolescence, improvement conditions residing, equipment residential buildings by the modern engineering equipment, increase operational characteristics and architectural expressiveness. In Odessa in a context of the international integration to standards power efficiency buildings city target programs operate: the City target program inclusion of the central historical part of building Odessa to the basic list of the World inheritance of UNESCO on 2013–2018 [12] and the City Program power efficiency of Odessa on 2013–2018 [13].

As a result an unsatisfactory condition an available housing, an street-high system, engineering communications, deterioration of comfort residing, and as a whole losses integrity perception the historical environment in the central historical area a city, and also deterioration tourist and investment appeal a city the complex target program “Preservation of authentic building and development the historical centre of Odessa” [14] is developed.

Within the limits these programs it is necessary to carry out calculations predicted average service life constructive elements and a building as a whole.

For reception these data in operational divisions the Corporate scientific and technical complex of town-planning power reconstruction (CSTC T-PPR) the scientifically-proved gathering the information on defects and refusals of designs, about their development on time should be adjusted.

And buildings as a whole judge operational properties constructive elements on indicators their reliability. The basic indicators non-failure operation: parameter a stream refusals $\lambda(t)$, probability non-failure operation $P(t)$ and density probabilities $f(t)$ define, having statistical data about the refusals, grouped a timebase. For an initial estimation parameters non-failure operation the statistics about requirement under repair constructive elements as the requirement under repair is, as a rule, a consequence occurrence refusals can be used.

The primary operational organizations keep account requirements under repair building designs and the engineering equipment by results checkup. Mathematical processing this statistical material allows receive quantity indicators parameters non-failure operation: $\lambda(t)$, $P(t)$, $f(t)$.

For definition relative density refusals concrete constructive elements it is necessary: to define volume operational refusals and their development in time (readout is conducted from year construction or year carrying out last major repairs); to count up non-failure operation parameters;

$$f(t) = \frac{\text{the saved up amounts of works}}{\text{total amount of works}}; \quad (1)$$

$$\lambda(t) = \frac{\text{volume repairs for a year}}{\text{total amount of works}}; \quad (2)$$

$$P(t) = 1 - f(t) \quad (3)$$

In 2005–2009 reconstruction the finishing parts some buildings historical building of Odessa 1820–1920 years has been executed. The roof these buildings from a sheet tin has been replaced with a metal tile.

Let’s execute calculation predicted average service life a roofing covering from a metal tile (the method of the least squares, [15, item 7.1.]). In 10 houses historical building it is surveyed 23 870 m² a roofing covering from a metal tile. From the analysis defective sheets it is counted up, that for the given buildings refusals were observed: in 12 months on the area 168 m²; in 24 months refusals are registered in addition on the area 240 m²; in 36 months the same on 310 m²; in 48 months – on 388 m²; in 60 months – on 455 m²; and in 72 months – on 515 m². On the basis these data it is possible to define frequency refusals roofs in six points a timebase:

$$F(t) = n_o/N, \quad (4)$$

where N – quantity all surveyed elements;

n_o – quantity the given up elements by the moment t .

On value $F(t)$ it is defined statistical probability non-failure operation $P(t)$ and corresponding to it quintile normal distribution on [15, p. 439] also it is made out in the tabular form (tab. 1).

Table 1

Definition quintile

№ points	Time t , month	Frequency refusals $F(t)$	Probability non-failure operation $P(t) = 1 - f(t)$	Quintile, u_i
1	12	0,007	0,993	2,457263
2	24	0,017	0,983	2,120072
3	36	0,030	0,970	1,880794
4	48	0,046	0,954	1,6871868
5	60	0,065	0,935	1,5152825
6	72	0,087	0,913	1,3600501

Frequency refusals $F(t)$:

In 12 months: 168/23870 = 0,007;

In 24 months: 0,007 + 240/23870 = 0,017;

In 36 months: 0,017 + 310/23870 = 0,030;

In 48 months: 0,030 + 388/23870 = 0,046;

In 60 months: 0,046 + 455/23870 = 0,065;

In 72 months: 0,065 + 515/23870 = 0,087.

The concrete value service life registered while in service, can be presented as:

$$t_i = T_{av} - u_i \sigma, \quad (5)$$

where T_{av} – average service life an element;
 σ – average quadratic a deviation.

Proceeding from it, we will write down system of the equations:

$$12 = T_{av} - 2,46 \sigma;$$

$$24 = T_{av} - 2,12 \sigma;$$

$$36 = T_{av} - 1,88 \sigma;$$

$$48 = T_{av} - 1,69 \sigma;$$

$$60 = T_{av} - 1,52 \sigma;$$

$$72 = T_{av} - 1,36 \sigma;$$

Let's combine the equations term by term:
 $252 = 6T_{av} - 11,02 \sigma,$

Whence $T_{av} = (252 + 11,02 \sigma)/6,$ month

Following a way the least squares [15, item 7.1.]), we multiply each member the made equations on corresponding quintile.

We receive new system the equations:

$$29,49 = 2,46T_{av} - 6,05 \sigma;$$

$$50,88 = 2,12T_{av} - 4,5 \sigma;$$

$$67,71 = 1,88T_{av} - 3,53 \sigma;$$

$$80,99 = 1,69T_{av} - 2,86 \sigma;$$

$$90,92 = 1,52T_{av} - 2,31 \sigma;$$

$$97,92 = 1,36T_{av} - 1,85 \sigma;$$

Let's combine the equations term by term:
 $417,91 = 11,03T_{av} - 21,1 \sigma;$

Let's substitute value T_{av} in the equation and we will define a root-mean-square deviation:

$$417,91 = 11,03 ((252 + 11,02 \sigma)/6) - 21,1 \sigma;$$

$$417,91 = 463,26 + 20,26 \sigma - 21,1 \sigma;$$

$$0,84 \sigma = 45,35; \rightarrow \sigma = 54 \text{ months.}$$

Let's define average service life a roofing covering from a metal tile:

$$T_{av} = (252 + 11,02 \times 54)/6 = 141,2 \text{ months} \approx 12 \text{ years.}$$

Conclusions. It is offered to create in the city of Odessa “the Corporate scientific and technical complex town-planning power reconstruction “CSTC T-PPR”, as the innovative organizational structure using in practice the saved up scientific and technical potential for reconstruction buildings of historical building Odessa 1820–1920 years under standards power efficiency. Calculation predicted average service life a roofing covering from a metal tile for the finishing parts some reconstructed buildings of historical building Odessa 1820–1920 years is executed. The received result much less than standard service life for the given kind of a metal tile ($T_{norm} = 20$ years); average service life element $T_{av} = 141,2$ months ≈ 12 years, it depends on a considerable quantity random factors, including from quality civil and erection works.

References:

1. Прицун О., Рымашевский Б. Архитектурно-историческая среда. Москва: Стройиздат, 1990.
2. Лысенко В.А. ЮНЕСКО-ИКОМОС: онтология и хроноэволюция всемирной архитектуры. Реставрация, реконструкция, урбоэкология. 2011. № 9–10: сб. науч. тр. Одесса, 2011. С. 8–15.
3. Gabriel, I., Ladener, H.. Vom Altbau zum Niedrigenergie und Passivhaus. Dresden: Staufen bei Freiburg, 2010.
4. Lyons M., Schilderman T., Boano C. Building Back Better / Practical Action, London South Bank University, and International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. 2010 URL: www.practicalactionpublishing.org.
5. Постернак И.М., Постернак С.А. Усовершенствование организационных и функциональных подходов реализации комплексной энергореконструкции зданий исторической застройки Одессы. Path of Science: international electronic scientific journal. 2016. № 12. Kharkiv: Publishing Center Dialog, P. 11.1–11.14. URL: <http://pathofscience.org/index.php/ps/article/view/276>. DOI:<http://dx.doi.org/10.22178/pos>.
6. Постернак И.М., Постернак С.А. К оценке ремонтпригодности конструкции пола из паркетной доски эксплуатируемых зданий исторической застройки города Одессы с позиции организационной структуры “КНТК ГЭРек”. Проблеми розвитку міського середовища. 2017. Вип. № 1 (17). Київ: Національний авіаційний ун-т. С. 97–106.
7. Постернак И.М., Постернак С.А. Ремонтпригодность конструкции пола зданий исторического центра Одессы с позиции комплекса энергореконструкции. Комунальне господарство міст. 2016. Вип. 132. Харків: Харківський нац. ун-т. міського господарства ім. О.М. Бекетова. С. 10–16.
8. Постернак И.М., Постернак С.А. Реальный срок службы кровель из мягкой битумной плитки для зданий исторической застройки Одессы с позиции организационной структуры “КНТК ГЭРек”. Науковий вісник будівництва. 2016. Том 4 (86). Харків: Харківський нац. ун-т. будівництва та архітектури. С. 143–148.
9. Постернак И.М., Постернак С.О. Вплив висоти перерізу крокв і довжини бантини на витрати матеріалу кроквяної системи при реконструкції з позиції комплексу енергореконструкції. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2017. Вип. № 1 (130). Вінниця: Вінницький нац. технічний ун-т. С. 28–35.
10. Програма підтримки інвестиційної діяльності на території міста Одеси на 2016–2018 рр. від 16 травня 2016 р. № 438-VII. URL: <http://omr.gov.ua/ru/acts/council/81386/>.

11. Комплексна програма розвитку будівництва у місті Одесі на 2013–2018 рр. від 17 грудня 2013 р. № 4196-VI. URL: <http://omr.gov.ua/acts/council/56540/>.

12. Міська цільова програма включення центральної історичної частини забудови Одеси до основного списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО на 2013–2018 рр. від 16 квітня 2013 р. № 3313-VI. URL: <http://omr.gov.ua/acts/council/49938/>.

13. Міська цільова програма енергоефективності міста Одеси на 2013–2018 рр. від 21 грудня 2012 р. № 2454-VI. URL: <http://omr.gov.ua/acts/council/47098/>.

14. Разработка концепции развития центрального исторического ареала Одессы. Official Site of Odessa. (2016, November 1). URL: <http://omr.gov.ua/ru/essential/89744/>.

15. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 1985. 487 с. URL: http://stu.sernam.ru/book_stat2.php?id=171.

«КНТК МЕРек»: МЕТАЛОЧЕРЕПИЧНІ ПОКРІВЛІ БУДІВЕЛЬ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ ОДЕСИ

Пропонується створити у місті Одесі «Корпоративний науково-технічний комплекс містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРек» як інноваційну організаційну структуру, яка використовує на практиці накопичений науково-технічний потенціал для реконструкції будівель історичної забудови Одеси 1820–1920 рр. за стандартами енергоефективності. Виконано розрахунок прогнозованого середнього терміну служби покрівельного покриття з металочерепиці для завершеної частини деяких реконструйованих будинків історичної забудови Одеси 1820–1920 рр. Отриманий результат значно менший за нормативний термін служби покрівлі для даного виду металочерепиці ($T_{норм} = 20$ років, $T_{ср} = 141,2$ міс ≈ 12 років) і залежить від великої кількості випадкових факторів, у тому числі від якості будівельно-монтажних робіт.

Ключові слова: експлуатація будинків, організаційна структура, корпоративний науково-технічний комплекс містобудівної енергореконструкції, покрівлі.

«КНТК ГЭРек»: МЕТАЛЛОЧЕРЕПИЧНЫЕ КРОВЛИ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ОДЕССЫ

Предлагается создать в городе Одессе «Корпоративный научно-технический комплекс градостроительной энергореконструкции «КНТК ГЭРек» как инновационную организационную структуру, использующую на практике накопленный научно-технический потенциал для реконструкции зданий исторической застройки Одессы 1820–1920 гг. по стандартам энергоэффективности. Выполнен расчет прогнозируемого среднего срока службы кровельного покрытия из металлочерепицы для завершей части некоторых реконструированных зданий исторической застройки Одессы 1820–1920 гг. Полученный результат значительно меньше нормативного срока службы для данного вида металлочерепицы ($T_{норм} = 20$ лет; $T_{ср} = 141,2$ мес ≈ 12 лет) и зависит от большого количества случайных факторов, в том числе от качества строительно-монтажных работ.

Ключевые слова: эксплуатация зданий, организационная структура, кровли, корпоративный научно-технический комплекс градостроительной энергореконструкции, кровли.

Трофимова Л.Є.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Запропоновано для опису аномальної поведінки деяких дисперсних систем і матеріалів залучити топологічний підхід, заснований на теорії катастроф. Дослідницькою програмою передбачено рішення задач, пов'язаних із описом та аналізом таких явищ, коли збільшення інтенсивності технологічного впливу призводить до якісно нової поведінки системи. Наведені приклади застосування цього підходу для дослідження ефектів, що є характерними для деформації зсуву структурованих дисперсій. Проаналізовані процеси структуроутворення дисперсних систем у динамічних умовах. Показано, що використання нових уявлень для опису еволюції дисперсій в умовах різних технологічних операцій дає змогу підняти на новий рівень моделювання фізико-хімічних процесів під час одержання сучасних композиційних матеріалів.

Ключові слова: дисперсні системи, структуроутворення, фізико-хімічна динаміка, топологічний підхід.

Постановка проблеми. Для технології отримання різних композиційних матеріалів (зокрема, будівельних) є характерним ряд загальних і типових фізико-хімічних процесів, що пов'язані зі взаємодією і взаємним розподілом дисперсних фаз та включають зміщення, транспортування, ущільнення, деформацію дисперсних систем. Такі процеси неминуче супроводжуються утворенням і розпадом дисперсних структур. Ці важливі особливості структуроутворення висококонцентрованих дисперсій в умовах динамічних дій кардинальним чином впливають на технологію високоякісних дисперсних матеріалів. У зв'язку з цим вирішення комплексної проблеми отримання більшості будівельних композитів із заданою структурою і прогнозованими експлуатаційними показниками за умови підвищення енергоефективності їх виробництва нерозривно пов'язане з теоретичними і експериментальними дослідженнями в області фізико-хімії базових дисперсних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для більшості структурованих дисперсних систем у різноманітних гетерогенних хіміко-технологічних процесах отримання композиційних матеріалів (наприклад, розчинів і бетонів), що здійснюються з вимушеною конвекційною дифузією дисперсних фаз, нерівноважний динамічний стан є домінуючим. Тому визначальні елементи регулювання цими процесами повинні базуватися на

сучасних уявленнях і принципах фізико-хімічної динаміки – нового наукового напрямку фізико-хімії дисперсних систем, що останніми роками отримав розвиток завдяки дослідженням Н.Б. Урьєва та його школи [1].

Основу фізико-хімічної динаміки структурованих дисперсій складають уявлення про закономірності і методи реалізації оптимального динамічного стану систем. Саме так можуть бути досягнуті найменший рівень в'язкості і максимальна плинність структури, що є необхідною умовою отримання матеріалів із заданими властивостями.

Для опису процесів розвитку дисперсних структур у динамічних умовах традиційно використовуються методи, засновані на реологічних вимірах, побудові й аналізі повних кривих течії. Розуміння природи аномальної реологічної поведінки дисперсій відкриває можливість створення регульованого ізотропного динамічного стану. У зв'язку з цим питання про інформативну інтерпретацію нетривіальних реологічних даних, отриманих за допомогою віскозиметрів, практично важливе для вирішення багатьох матеріалознавчих завдань (наприклад, коли збільшення технологічних дій призводить до якісно нової поведінки системи).

Постановка завдання. Головною метою цієї роботи є встановлення закономірностей утворення, стійкості і руйнування структурованих

дисперсних систем у гетерогенних фізико-хімічних процесах отримання будівельних композитів із заданими властивостями. Дослідницька програма передбачає рішення завдань, що пов'язані з описом і аналізом таких явищ, коли збільшення інтенсивності технологічних дій призводить до якісно нової поведінки системи. Методологічна основа досліджень – аналіз процесів структуроутворення дисперсних систем у динамічних і статичних умовах із позицій синергетики і теорії катастроф.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нині накопичений значний об'єм результатів експериментальних досліджень структурних змін у різноманітних дисперсіях, що є базовими для отримання більшості різних будівельних матеріалів. Аналіз зібраної інформації показав, що існує ціла категорія стрибкоподібних явищ, наочною ілюстрацією яких служить нестандартна геометрія реологічних, кінетичних та інших графічних залежностей (зокрема, S-виду).

Відомо, що розчини і бетони на основі мінеральних або органічних в'язучих речовин, шлікери для виготовлення кераміки, суміші для фарбування і безліч подібних дисперсій можуть трактуватися як системи, що самоорганізуються; еволюція яких у просторі та часі супроводжується утворенням дисипативних структур. Оскільки більшості згаданих систем властиві вказані вище ефекти, обумовлені порушенням безперервності розвитку процесів найрізноманітніших видів, доцільно доповнити [2] синергетичний підхід [3, 4] до вивчення особливостей структуроутворення методами теорії катастроф [5], що досліджує раптові якісні перебудови систем внаслідок плавної зміни зовнішніх умов або внутрішніх властивостей.

У теорії катастроф система, що еволюціонує, розглядається як динамічна, функціонування котрої описується відповідною системою рівнянь, до складу яких входять т. зв. «параметр стану» та «параметри управління».

Еволюція системи з одним параметром стану завжди може бути описана за допомогою деякого потенціалу. Такі модельні уявлення (тобто канонічні потенційні функції типу «складка» і «зборка» зі стандартизованою геометрією) рекомендується [4] використовувати в описі дисипативних структур. Ці моделі мають структурну стійкість (тобто здатність зберігати якісні особливості не тільки за незначних, але нерідко і за значних змін будь-яких параметрів) і тому відбивають деякий екстремальний режим поведінки досліджуваних систем. Із цих позицій і розгля-

дається низка запитань, пов'язаних із різними аспектами технології дисперсних будівельних матеріалів. Враховується [1], що такі істотно різні з погляду технології процеси як перемішування, ущільнення (формування), транспортування тощо неминуче супроводжуються виникненням і руйнуванням дисперсних структур.

За відомою класифікацією Г.М. Бартенєва і Н.В. Ермілової [6], для структурованих дисперсних систем характерне існування двох типів кривих течії. Досить добре вивченим реологічним кривим типу I властива однозначна залежність в'язкості η і градієнта швидкості зсуву $\dot{\epsilon}$ від напруження P . У менш вивчених кривих типу II спостерігаються області зміни в'язкості або швидкості розвитку деформації, яким відповідає неоднозначна зміна напруження: падіння P у певному інтервалі $\dot{\epsilon}$. Такий аномальний ефект проявляється у S – формі залежностей, що вказані вище.

Можливе трактування аномалії процесу течії як наслідку утворення в системі локального розриву суцільності структури (тобто зсув не поширюється на увесь об'єм дисперсії), що деформується, вперше було дано в [7]. Теорія цього явища розвинена на основі уявлень про присутність у структурі локальних мікрodefектів, коалесценція яких в умовах зсуву обумовлює зародження макронеоднорідності. Розрив суцільності експериментально виявляється за різким спадом напруження зсуву за умови досягнення критичної для цієї системи швидкості деформації у міру її підвищення в дуже вузькому інтервалі значень. Подальший ріст P зі збільшенням $\dot{\epsilon}$ відбиває поведінку системи тільки в області розриву, а не в усьому її об'ємі. Таке явище призводить до спотворення результатів вимірів і, відповідно, до неможливості побудови повної реологічної кривої (про що свідчить наявність петель гістерезису).

З метою подальшого розвитку уявлень про еволюцію структурованих дисперсних систем пропонується [2] доповнити пояснення їх аномальної поведінки особливостями коагуляції в динамічних умовах моделями синергетики і теорії катастроф. Оскільки наочною ілюстрацією кардинальних змін у характері течії структурованих дисперсій є S-форма реологічних кривих, передбачається, що їх аномальний хід ідентичний стандартній кривій множинних стаціонарних станів [3]. Усі точки, що знаходяться на верхньому і нижньому ділянках цієї кривої, належать до стійких, а на проміжній ділянці – до нестійких стаціонарних станів у системі. Такий екстремальний характер залежності відображає мож-

ливість існування трьох стаціонарних режимів за одного і того ж значення деякого управляючого параметра. Точки перегину кривої відповідають біфуркаційним значенням цього параметра, за яких відбуваються стрибкоподібні перемикавання з одного режиму в інший, а також змінюється число стаціонарних станів зі одночасною зміною типу стійкості, причому нестійкі стани на проміжній ділянці практично ніколи не реалізуються в реальних системах. Отже, модельній залежності властиві якісні ознаки, що характерні в загальному випадку для кривих течії типу II. Аналогія, мабуть, не лише зовнішня, але і смислова: відповідно до праць Г.М. Бартенєва і Н.В. Ермілової, в деякій області різкого падіння в'язкості η за одного і того ж напруження зсуву P спостерігаються два стійких та один нестійкий режими течії. Цей факт із погляду динаміки й організації нерівноважних систем може трактуватися, ймовірно, як бістабільність. Таким чином, передбачається, що стандартну S -залежність доцільно розглядати як найбільш адекватну модель реальної картини втрати первинної стійкості потоку і переходу на новий стійкий режим течії. Це допущення в ситуаціях, коли отримання експериментальних даних ускладнене, дозволяє прогнозувати характер реологічних кривих.

У разі кривих течії, петлі гістерезису на яких обумовлені розривом суцільності, ця модель, очевидно, описує явище стрибкоподібного переходу системи, що деформується, зі стану з практично незруйнованою структурою в якісно новий стан зі специфічним шаруватим характером руйнування. «Граничне» напруження, за якого фіксуються видозміни кривих течії, розглядається як біфуркаційне. Розташована між точками перегину аномальна ділянка відповідає, швидше за все, станам об'ємного ізотропного руйнування структури, що не реалізуються, оскільки отримання повної реологічної кривої в діапазоні варіації ефективної в'язкості η_{ef} від значень найбільшої в'язкості практично незруйнованої структури до мінімальної в'язкості гранично зруйнованої структури здійснюється лише за наявності «чистого однорідного зсуву». Нижня ділянка універсальної графічної залежності в цій ситуації відповідає спотвореним результатам вимірів, що відображають фактично тільки процеси тертя між шарами, які обмежені поверхнями ковзання, і можливого часткового руйнування структури в зонах, які безпосередньо примикають до розриву. Такий підхід, відповідно до експериментальних даних, трактує стрибок на реологічній кривій як наслідок розви-

тку під дією зовнішніх силових полів із мікронеоднородностей структури дисперсії макронеоднородності – розриву суцільності [1; 7].

Для досить широкого класу дисперсних систем (зокрема на мінеральних в'язучих) може бути отриманий повний набір реологічних кривих зі зростаючою S -подібністю у міру збільшення концентрації твердої фази ϕ , значення якої регламентує саму вірогідність виникнення розриву неперервності і його вид. З урахуванням такого ефекту виявляється інформативним трактувати утворення і розвиток аномальності течії за деформації зсуву як катастрофу «зборка», оскільки розглянута крива стаціонарних станів є її поперечними перерізами за фіксованих значень ϕ . Стандартна модельна поверхня, що узагальнює окремі ефекти, наочно ілюструє якісні структурні перебудови дисперсій у ході їх еволюції в динамічних умовах. Можливість такого опису свідчить про загальний характер даного явища.

Як вказувалося раніше, структуровані дисперсії, що знаходяться далеко від термодинамічної рівноваги в полі зовнішніх сил, є типовими синергетичними дисипативними системами. У процесі їх еволюції в динамічних умовах відбувається істотна перебудова мікроструктури за деякого критичного значення швидкості зсуву (параметра, що відповідає точці біфуркації). Реалізується розпад первинної структури на шари (тобто обмежені поверхнями ковзання локальні об'єми). У середині цих об'ємів контакти між частками дисперсних фаз не порушуються і зберігається та міра неоднорідності, яка відповідала моменту виникнення первинної (статичної) структури в системі. Спостерігається [1; 7] розрив поперечних відносно напрямку потоку зв'язків між структурними елементами початкової просторової сітки, що складалася з комірок, і витіснення рідкої фази з проміжку між частинками під час розпаду меж комірок. Спостерігається тенденція до трансформації структури з комірок у шарувату, яка при зменшенні концентрації твердої фази в достатніх для самоорганізації межах стає найчіткіше вираженою. Комірки витягуються у напрямі зсуву і утворюються дисипативні шаруваті структури, розвитку яких передують ущільнення в локальних об'ємах мікроагрегатів частинок із поступовим формуванням площин зсуву в зонах найбільшого скупчення дефектів упаковки.

Таким чином, момент виникнення шаруватості є передвісником переходу до накопичення безповоротних ушкоджень під дією зовнішніх силових полів. Накладення на систему вібрації з оптимальними

параметрами докорінно змінює характер її руйнування. Має місце руйнування ущільнених шарів із лавинним утворенням мікроагрегатів частинок за одночасного формування структури у вигляді комірок із ослабленими коагуляційними контактами; зони ковзання зникають. Із погляду синергетики такий ефект може бути пояснений [8] збільшенням міри нерівноваженості системи в умовах додаткової дії вібрацією, внаслідок чого структура, як правило, подрібнюється. Це трактування перебуває у якісній відповідності з результатами експериментальних досліджень: поєднання безперервного зсуву з ортогонально спрямованою до нього осциляцією викликає [1; 7] розпад структури на агрегати, розмір яких зменшується, а число збільшується зі зростанням інтенсивності вібрації $I = a^2 w^3$ (a – амплітуда коливань, w – кругова частота). Також відбувається зменшення розмірів мікронеоднорідностей і більш рівномірний їх розподіл за об'ємом, що сприяє ізотропному руйнуванню структури. Такий сценарій проявляється в поступовій формозміні ходу кривих течії: від явно S-подібних графічних залежностей до лінійних.

Окрім S-образності, існують ще й інші ознаки, які вказують на можливість використання методів теорії катастроф у дослідженні тих або інших процесів, що ініціюють виникнення розривів у розвитку системи (зокрема, N-образність). Також цей підхід може бути застосований для опису переходу трьохфазних дисперсних систем Т-Р-Г з високов'язким дисперсійним середовищем від стану віброущільнення до псевдорозрідження в умовах деформації зсуву під дією вібрації. Як відомо з [1], закономірності взаємодії високодисперсної та грубодисперсної твердих фаз між собою і з рідким середовищем у процесі структуроутворення в динамічних умовах під час отримання різноманітних матеріалів (наповнених полімерних композитів, бетонів, технічної кераміки тощо) подібні, хоча відмінності за хімічним складом і механізмом тверднення для складових частин первинної суміші можуть бути значні. За даними [1], графічна залежність ефективної в'язкості високонаповненої дисперсної системи від прискорення вібрації має вигляд вістря, що утворене двома гілками в точці зі значенням $g_{кр}$, яке обумовлює максимальну величину η_{ef} . Критичне прискорення вібрації відповідає межі переходу дисперсії зі стану віброущільнення в стан псевдорозрідження. Видається вірогідним опис досліджуваного переходу за допомогою модельної поверхні типу «зборка», оскільки вищезгадана експериментальна графічна залежність за

формою тотожна півкубічній параболі, що є проекцією цієї катастрофи на площину параметрів управління g і η_{ef} згідно з принципом максимального зволікання. Цей принцип є одним із двох основних напрямків, які пов'язують геометрію катастроф із еволюцією системи [5]. Біфуркаційна крива складається з двох ліній складок, що з'єднуються в точці зборки, та розділяє простір управління на області, які відповідають різним режимам функціонування системи. Якісні зміни в поведінці дисперсії настають тільки у тому разі, коли «траєкторія», що задана варіацією управляючих параметрів, покидає область усередині цієї кривої; у подібній ситуації, напевно, здійснюється перехід віброущільнення – псевдорозрідження.

Якісна особливість типу «вістря» присутня також на характерних концентраційних залежностях в'язкості розчинів чотирьох зразків поліп-бензаміду (ПБА) різної молекулярної маси, що отримані і досліджені В.Г. Кулічіхіним, А.Я. Малкіним, С.П. Папковим зі співробітниками [9]. На графіках виразно видно головну особливість цих залежностей – існування різко вираженого максимуму в'язкості η в діапазоні концентрацій C , що відповідають переходу розчину в рідкокристалічний стан. Встановлений максимум в'язкості відповідає інверсії ізотропної та анізотропної фаз (моменту, коли РК-фаза стає матрицею). Як правило, критична концентрація переходу знижується зі збільшенням молекулярної маси полімеру.

Екстремальний характер графіків, що наведені в [9], є найбільш наочним проявом відзнак властивостей реології рідкокристалічних полімерних систем. Звертає на себе увагу той факт, що узагальнена концентраційна залежність в'язкості розчину ПБА за формою аналогічна проекції катастрофи «зборка» на площину параметрів η та C . Лінії складок відповідають саме тим комбінаціям вказаних параметрів, які призводять до стрибкоподібних змін стану системи.

Отже, якісні особливості поведінки («ознаки катастрофи») досліджуваних дисперсних систем обумовлюють можливість моделювання загальної картини процесів структуроутворення, що сприяє прогнозуванню і вивченню окремих аномальних явищ, які спостерігаються у структурованих дисперсіях.

Висновки. Таким чином, порушення неперервності процесів різних типів можна представити у вигляді стандартних катастроф, що відповідають моделям дисипативних структур. Цей факт свідчить про стійкість топологічних моделей типу «складка» і «зборка» (тобто про придатність для

опису реальних систем). Виявлення в експериментальних графічних залежностях цих чітко помітних геометричних структур дозволяє зробити припущення про загальний характер даних явищ. Слід враховувати наявність основних напрямів, що зв'язують геометрію катастроф із досліджуваною системою. Вибір одного з принципів визначається природою самого явища. Так, принцип максимального зволікання доцільно використовувати для опису й аналізу явищ, що пов'язані з втратою фізико-хімічної стійкості та гістерезисних ефектів. Гістерезис є однією із основних якісних особливостей катастрофи «зборка» під час використання принципу максимального зволікання.

Отже, розуміння якісної сторони виявлених нетривіальних ефектів дає важливу відправну точку для подальших досліджень дисперсій у критичних виробничих ситуаціях, що виникають під час отримання композитів на їх основі.

Для подальшого розвитку уявлень про закономірності і механізм утворення, стійкості і руйнування вказаних вище дисперсій доцільно доповнити моделювання процесів структуроутворення, що базується на уявленні про якісні стрибки в поведінці об'єкта, припущенням про можливий м'який характер бифуркації. Такий підхід дозволить розширити спектр завдань, пов'язаних із оптимізацією режимів функціонування системи.

Список літератури:

1. Урьев Н.Б. Физико-химическая динамика дисперсных систем и материалов. М.: Интеллект, 2013. 232 с.
2. Трофимова Л.Е., Урьев Н.Б. Моделирование процессов структурообразования дисперсных систем и материалов. Одесса: Астропринт, 2011. 36 с.
3. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. М.: Мир, 1973. 280 с.
4. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
5. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения. М.: Мир, 1980. 608 с.
6. Бартнев Г.М., Ермилова Н.В. К теории реологических свойств твердообразных дисперсных структур. Два типа реологических кривых течения. Коллоидный журнал. 1969. Т. 31. № 2. С. 169–175.
7. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. М.: Химия, 1980. 320 с.
8. Скворцов Г.Е. О закономерностях неравновесных процессов. Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. № 17. С. 15–18.
9. Куличихин В.Г., Малкин А.Я., Папков С.П. Вискозиметрические критерии перехода растворов поли-п-бензамида в жидкокристаллическое состояние. Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1974. Т. 16. № 1. С. 169–174.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предложено для описания аномального поведения некоторых дисперсных систем и материалов привлечь топологический подход, основанный на теории катастроф. Исследовательской программой предусмотрено решение задач, связанных с описанием и анализом таких явлений, когда увеличение интенсивности технологических воздействий приводит к качественно новому поведению системы. Приведены примеры использования данного подхода при исследовании эффектов, характерных для сдвигового течения структурированных дисперсий. Проанализированы процессы структурообразования дисперсных систем при динамических воздействиях. Показано, что использование новых представлений для описания эволюции дисперсий в условиях различных технологических операций дает возможность поднять на новый уровень моделирование физико-химических процессов при получении современных композиционных материалов.

Ключевые слова: дисперсные системы, структурообразование, физико-химическая динамика, топологический подход.

ANALYSIS OF PROCESSES OF STRUCTURE FORMATION OF COMPOSITION MATERIALS

It is suggested for description of aberrant behavior of some disperse systems and materials to attract the topology approach based on the theory of catastrophes. Research program includes solution of tasks connected to description and analysis of such phenomena when increasing the intensity of technological treatment leads to qualitatively new system behaviour. Such an approach is demonstrated by the results of studying phenomena typical of the shear flow of structured dispersions. The processes of disperse systems formation are analysis in dynamic conditions. Use of new ideas for disperse systems evolution under conditions of different technological operations let us raise physics-chemical processes modeling to the new level to create modern compositions.

Key words: disperse systems, structure formation, physics-chemical dynamics, topological approach.

Чичулін В.П.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Чичуліна К.В.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ РАМ ІЗ ПРОСТОРОВИМИ ПЕРЕРІЗАМИ

Представлені нові конструктивні рішення рам і вузлів із просторових перерізів із замкнених профілів. Обґрунтовані переваги цього типу конструкцій порівняно з наявними традиційними варіантами конструктивних форм. Наведені результати чисельних розрахунків рамних конструкцій у програмному комплексі.

Ключові слова: *рами, вузли, замкнені профілі, сталеві конструкції.*

Постановка проблеми. При проектуванні сталевих пролітних будівель цивільного і промислового призначення останнім часом набувають поширення просторові сталеві конструкції, які мають суттєві переваги порівняно з площинними. Головними перевагами такого типу конструкцій є суттєве зниження маси будівель, скорочення тривалості монтажу, одночасно забезпечення економії експлуатаційних витрат. Підвищити показники ефективності можна шляхом застосування легких ефективних коробчастих перерізів та нових обрисів рам із просторовою решіткою. Тому популяризація застосування перерізів таких конструкцій стимулює до розроблення ефективних конструктивних елементів та, відповідно, нормативної бази розрахунку цього типу конструктивних форм. Актуальним питанням нині є проектування нових конструктивних форм та обрисів конструкцій, застосування сучасних ефективних матеріалів, підвищення стійкості до корозійних руйнувань і довговічності. У будівництві існує необхідність застосування новітніх технологічних розробок при зведенні цивільних, адміністративних, складських, промислових будівель та споруд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комплексному оцінюванню та систематизації наявних будівельних конструкцій цього типу об'єктів цивільного та промислового призначення присвячено роботи [1; 2]. Роботу авторів за цією тематикою представлено в ряді робіт [3], зокрема й іноземних джерел, де зазначено результати досліджень металевих рам [4–9]. Не розв'язаною раніше частиною проблеми є те, що при стрімких

темпах будівництва у нашій країні збільшується потреба в пошуку нових ефективних, конструктивних форм та перерізів легких металевих конструкцій.

Постановка завдання. На основі зарубіжного та вітчизняного досвіду застосування сталевих конструкцій була сформульована мета та задачі дослідження, які полягають у розробці нових конструктивних рішень рам і визначенні їх головних переваг порівняно з традиційними рішеннями.

Виклад основного матеріалу дослідження. На основі проведених раніше експериментальних та теоретичних досліджень [3] доведено доцільність використання рам із коробчастими перерізами, тому нижче наведено конструктивне рішення легкої ефективної рами, яке можна застосовувати в будівництві об'єктів цивільного та промислового призначення.

Запропонована ефективна конструкція сталевих рам із просторовим поперечним перерізом із використанням труб або замкнених коробчастих перерізів (рис. 3, а). Конструктивна особливість зазначених рам полягає в тому, що всі елементи стійки і ригеля виконано трьома гілками, що забезпечує стійкість як у площині, так і із площини рами. Перерізи в усіх випадках виконані з труб або прямокутних профілів. Відстань між гілками зумовлюється жорсткістю як у площині, так і з площини елементів рами, що забезпечує відповідну деформативність конструкції.

Пропонується два вузла просторової рами: карнизний і гребеневий (рис. 1–2). Монтажні з'єднання рекомендовано виконувати за допомо-

гою обійм із труб відповідного профілю [10; 11]. Застосування таких з'єднань дасть змогу врахувати монтажні зазори і зменшити металоємність щодо фланцевих вузлів.

Із метою отримання оптимального за експлуатаційними показниками конструктивного рішення була запропонована сталева рама з просторовими перерізами (рис. 3). Така конструктивна форма може застосовуватись на легких несучих конструкціях покриття з профільованим сталевим настилом. Для такого типу конструкцій проліт

може варіюватися від 24 м і більше. Рекомендований ухил конструкцій може бути стандартний 1,5% або більше. Існує можливість застосування арочного обрису для відповідних прольотів. Збільшення висоти перерізу гребеневого і карнизного вузла шляхом встановлення додаткових стержнів на нижньому поясі зменшує розрахункові зусилля в елементах рами на 20–60%.

Аналіз роботи просторових перерізів із замкнених профілів для рамних конструкцій розглянемо на прикладі представлених рам (рис. 3 і рис. 4). Просторова

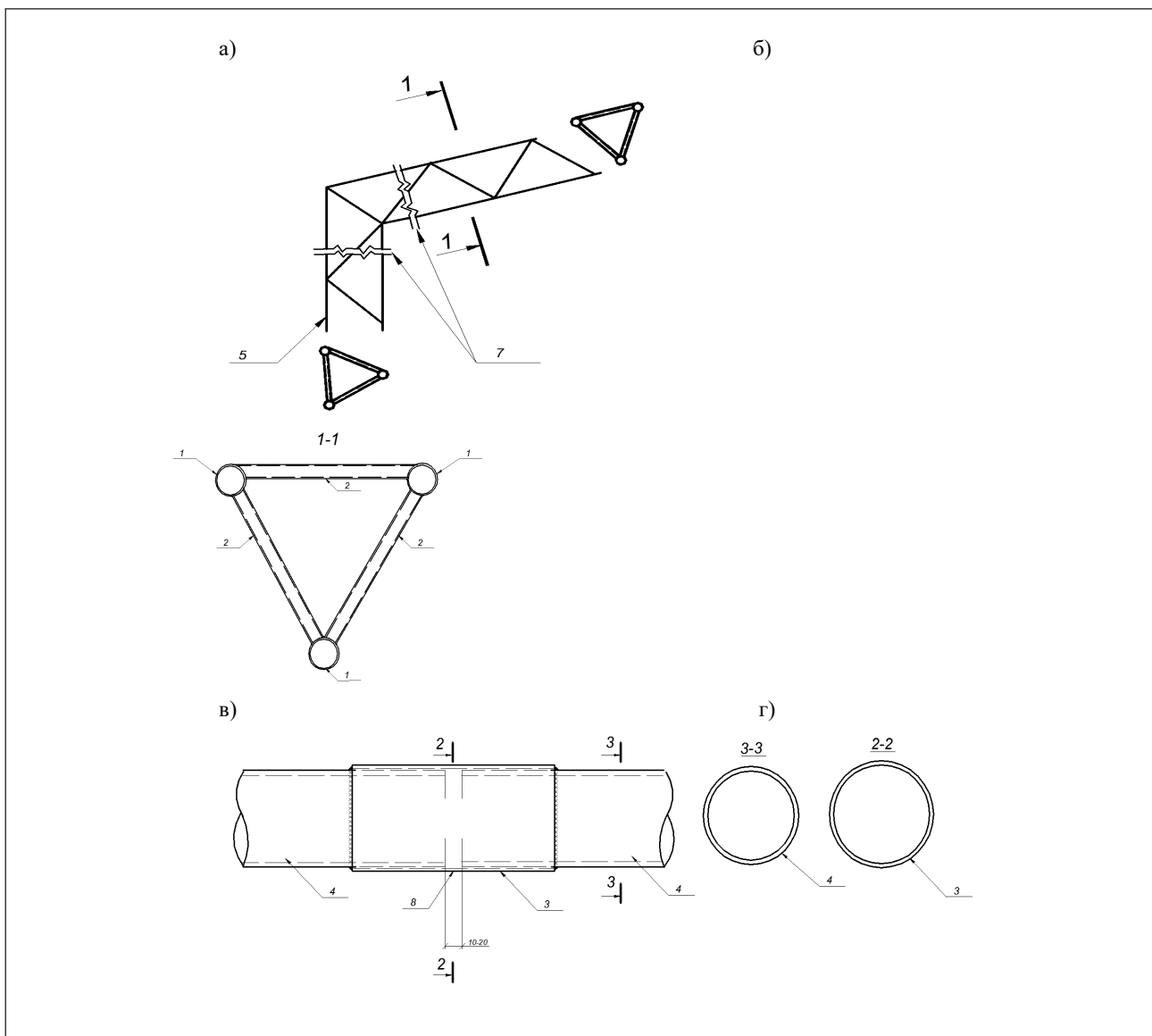


Рис. 1. Карнизний монтажний вузол металеві рами з просторовими елементами із круглих труб: а) загальна схема; б) розріз 1–1 (переріз просторового елемента ригеля); в) схема монтажної частини карнизного вузла; г) умовний монтажний зварний стик круглих труб за допомогою обійми

Примітки: 1 – пояси з круглих труб тригількового перерізу ригеля; 2 – трубчасті елементи решітки просторових перерізів; 3 – з'єднувальні обійми з круглих труб відповідно на 2–6 мм більшого внутрішнього діаметра, ніж зовнішній діаметр труб елементів, що з'єднуються; 4 – елементи поясів і решітки, що з'єднуються за допомогою обійми; 5 – просторові стійки рами; 6 – просторові ригелі рами; 7 – перерізи з'єднання стійки (5) і ригеля (6) з монтажним елементом карнизного вузла; 8 – монтажний зазор з'єднувальних елементів

робота з трьох гілок забезпечує жорсткість у площині та з площини рами. Основні переваги рамних покриттів порівняно з балочними полягають у меншій вазі, великій жорсткості і меншій висоті ригелів.

Рамні конструкції ефективні для рівної жорсткості колон і ригелів, що дає змогу перерозподіляти зусилля від вертикальних навантажень і значно полегшити ригелі: в цих випадках висота ґратчастих ригелів може бути прийнята рівною $(1/12-1/20)$ прольоту.

Розглянемо раму з нижнім поясом ригеля у вигляді арки (рис. 3). Метою цієї модифікації є пошук оптимального розподілення зусиль в елементах рами для отримання більш економічної конструкції. Розрахунок (рис. 4б) свідчить про суттєве зменшення зусиль верхньому поясі ригеля

щодо вихідної конструкції рами. Але зусилля елементів карнизного вузла залишаються високими, що потребує перерозподілу в напрямі середини прольоту шляхом зміни висоти перерізу ригеля. Порівняння зусиль представлено в таблиці 1, в якій за вихідну раму приймається рама (рис. 4а) прольотом 30 м, але без розпірки у карнизному та розтяжки у гребеневому вузлах.

У процесі проведеного дослідження доведено, що порівняння варіантів запропонованих просторових сталевих рамних конструкцій треба виконувати з урахуванням всіх параметрів виготовлення, будівництва і експлуатації. Отримання оптимальних зусиль можливо тільки на першому етапі проектування.

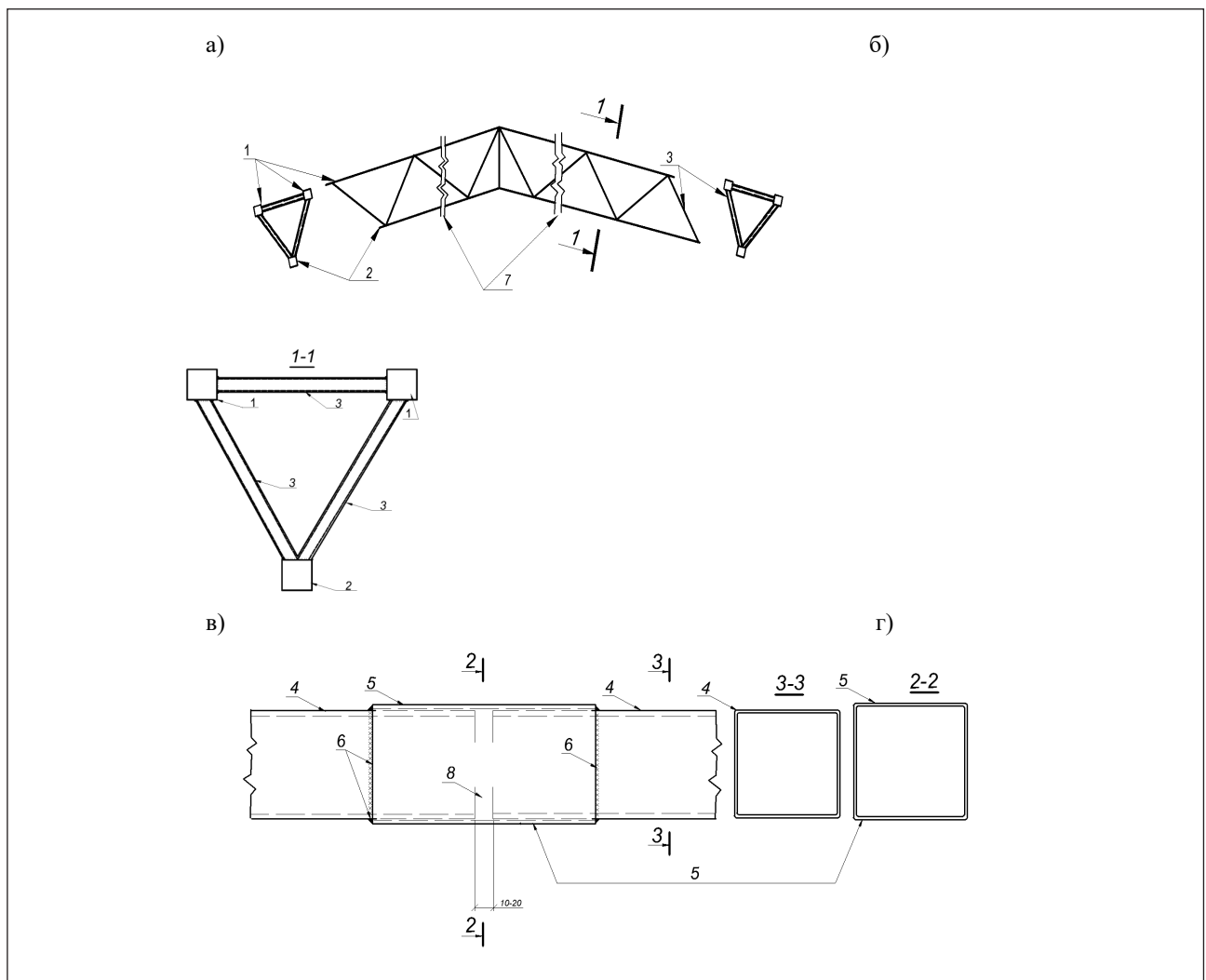
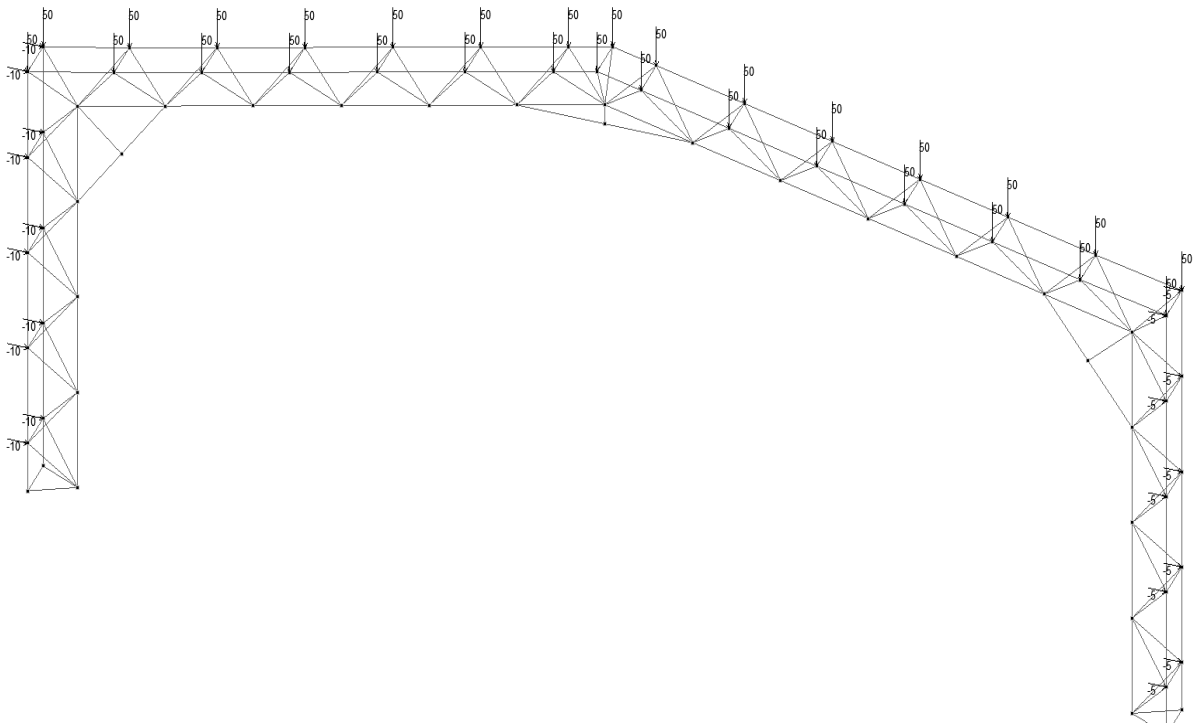


Рис. 2. Гребневий монтажний вузол металевої рами з просторовими елементами із квадратних труб: а) загальна схема; б) розріз 1-1 (переріз просторового елемента ригеля); в) схема монтажного елемента вузла; г) умовний монтажний зварний стик квадратної труби за допомогою обойми

Примітки: 1 – верхній пояс у вигляді двох квадратних труб; 2 – нижній пояс з квадратної труби; 3 – елементи решітки з квадратних труб меншого розміру ніж пояси; 4 – переріз елементів що з’єднуються; 5 – монтажна обойма внутрішнім перерізом більша на $(2\div 6)$ мм, ніж елементи, що з’єднуються; 6 – монтажні зварювання; 7 – монтажні перерізи; 8 – змінний монтажний зазор

а)



б)

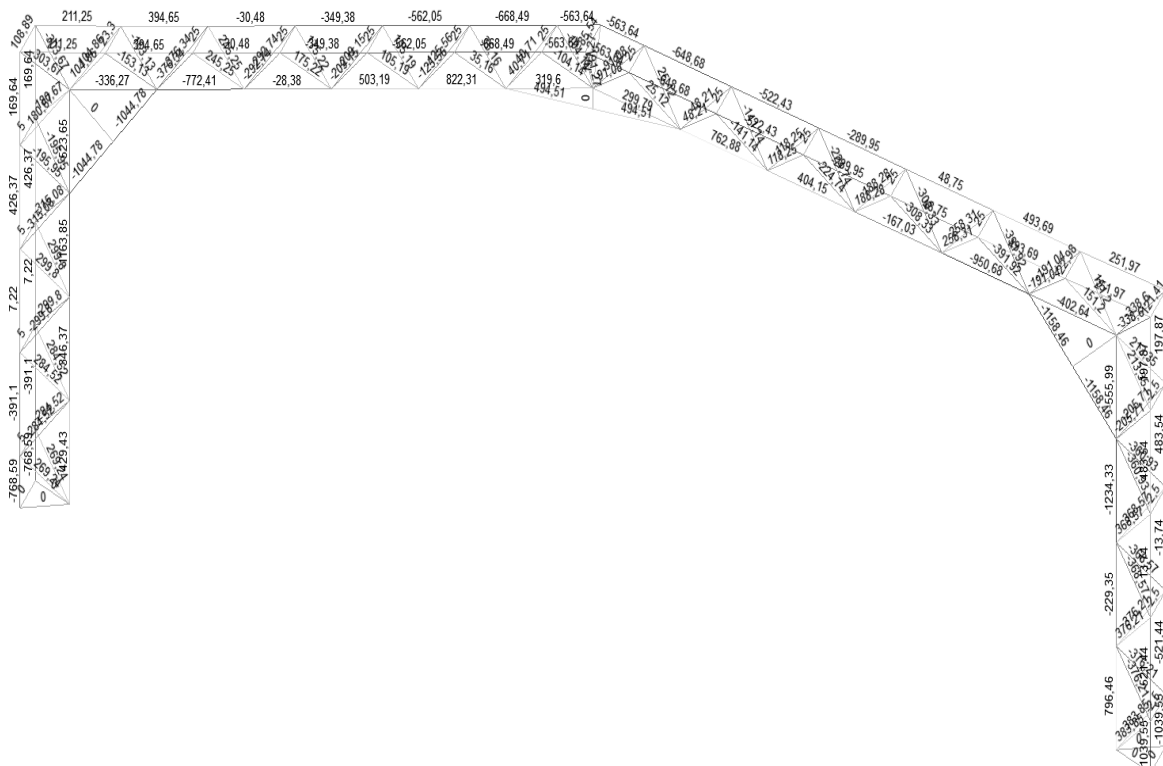


Рис. 3. Результати чисельного розрахунку модифікованої рамної конструкції:
а – схема рами; б – значення повздовжніх сил

Значення зниження зусиль в елементах рами при модифікації рами

Елементи рами	Вихідна рама	Модифікована рама з розпіркою і розтяжкою		Модифікована рама з арокним нижнім поясом ригеля	
	кН	кН	Зниження, %	кН	Зниження, %
Верхній пояс ригеля	-820,58	-668,49	22	272	66
Нижній пояс ригеля	-1624,22	-950,68	71	-1158	29
Стійка	-1907	-1234	54	-1391	27

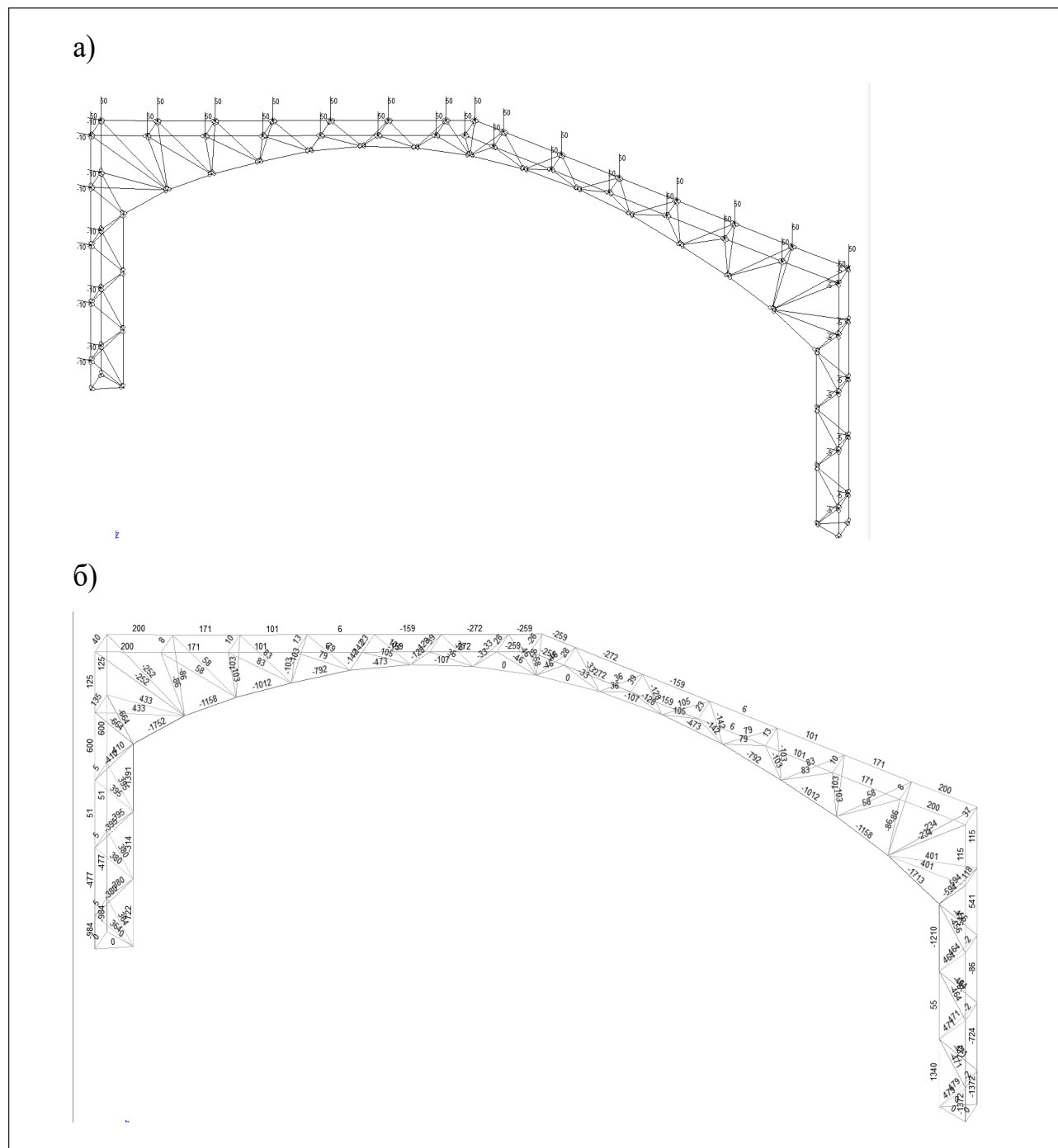


Рис. 4. Результати чисельного розрахунку модифікованої рамної конструкції з нижнім поясом у вигляді арки: а – схема рами; б – значення поздовжніх сил

Зростання трудомісткості виготовлення просторових конструкцій перекривається зменшенням матеріаломісткості конструкцій, що дає змогу отримувати більш економічні конструкції.

Висновки. Запропоновані нові конструктивні рішення сталевих просторових рам, які мають

високі характеристики несучої здатності і архітектурної виразності, мінімізують матеріало- та працевитрати. Цього типу конструкції мають підвищені характеристики загальної стійкості окремих елементів і системи загалом, як у площині, так і з площини.

Список літератури:

1. Металлические конструкции: справ, проектировщика / под ред. Н.П. Мельникова. Москва: Стройиздат, 1980. 776 с.
2. Кудишин Ю.И., Беленя Е.И., Игнатъева В.С. и др. Металлические конструкции: учебн. Москва: Академия, 2008. 688 с.
3. Пічугін С.Ф., Чичулін В.П., Чичуліна К.В. Застосування комбінованих арочно-стрижньових елементів в плоских конструкціях. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2014. Вип. 28. С. 399–404.
4. Isamu Hiroi. Plate-Girder Construction (Classic Reprint). Publisher “book on demand”, 2015. 116 p.
5. Clarence W. Hudson. Notes on Plate-Girder Design (Classic Reprint). Publisher “book on demand”, 2015. 96 p.
6. John Davenport Crehore. Mechanics of the Girder. Publisher “book on demand”, 2015. 594 p.
7. Ponnada Markandeya Raju, Thonangi Raghuram Sandeep. Modified method of Prestressing Steel Trusses by inducing Lack of fit. LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 168 p.
8. Brian Kozy. Chord Bearing Capacity in Long-span Tubular Trusses. Scholars’ Press, 2013. 172 p.
9. Нуу-Тай Тай. Advanced Analysis of Steel Frames. Scholars’ Press, 2012. 180 p.
10. Гребеневий монтажний вузол металевої рами з просторовими елементами із квадратних труб: пат. 120861 Україна: МПК (2006.01) Е 04 С 3/02. № u201704302; заявл. 03.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 4 с.
11. Карнизний монтажний вузол металевої рами з просторовими елементами із круглих труб: пат. 120862 Україна: МПК (2006.01) Е 04 С 3/02. № u201704305; заявл. 03.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. 4 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ РАМ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ СЕЧЕНИЯМИ

Представлены новые конструктивные решения рам и узлов с пространственными сечениями из замкнутых профилей. Обоснованы преимущества данного типа конструкций по сравнению с существующими традиционными вариантами конструктивных форм. Приведены результаты численных расчетов рамных конструкций в программном комплексе.

Ключевые слова: рамы, узлы, замкнутые профили, стальные конструкции.

INCREASE OF DESIGNING EFFICIENCY OF STEEL FRAMES WITH SPATIAL CROSS-SECTIONS

New design solutions for frames and assemblies with spatial sections from closed profiles are presented. The advantages of this type of construction are compared with existing traditional variants of constructive forms. The results of numerical calculations of frame structures in the software complex are presented.

Key words: frames, knots, closed profiles, steel constructions.

ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.4:332.3:504.54

Корніць А.В.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

РОЗРОБЛЕННЯ НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ РЕГІОНУ

Метою статті є розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо формування інформаційно-аналітичного забезпечення геоecологічного моніторингу використання земель регіону. Визначено поняття геоecологічного моніторингу використання земель регіону. Охарактеризовано інформаційне забезпечення геоecологічного моніторингу використання земель регіону. Надано результати моделювання напрямів формування інтегрального показника геоecологічного стану використання земель регіону. Розроблені напрями підвищення екологічного та рівня використання земель регіону.

Ключові слова: геоecологічний моніторинг, використання земель міст, екологічні показники, показники використання земель регіону, геоecологічний стан використання земель регіону, напрями зростання екологічного і рівня використання земель регіону.

Постановка проблеми. На формування земельних відносин у сучасних умовах впливають екологічні чинники та використання земель. Використання земель регіонів спрямовано на максимальне забезпечення їхньої сумісності з навколишнім природним середовищем.

Водночас у більшості регіонів України виникають проблеми щодо збалансованості екологічного забезпечення використання земель. Поглиблюють негативні процеси зовнішні і внутрішні чинники: деградація природних екосистем, втрата біорізноманіття, зростання захворюваності населення, глобальна зміна клімату, антропогенне навантаження на природне середовище, ерозія, забруднення, зволоження та заболочування ґрунтів, зниження ефективності землекористування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемні питання формування та використання геоecологічного моніторингу, застосування інструментів його реалізації досліджували такі вчені: О. Адаменко [1], О. Білашенко [2], Т. Дзюмблук [3], К. Мамонов [4], Л. Міщенко [5], В. Триснюк [6] та ін.

Проте залишаються невирішеними питання розроблення інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу використання земель регіону.

Постановка завдання. Метою статті є розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо формування інформаційно-аналітичного забезпечення геоecологічного моніторингу використання земель регіону.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення найбільш оптимального значення інтегрального показника геоecологічного стану використання земель регіону в контексті формування інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу в дослідженні здійснено моделювання, побудовані математичні моделі впливу екологічних чинників і показників землекористування на представлений критерій. Водночас застосовується метод кореляційно-регресійного аналізу.

Запропоновані напрями застосування кореляційно-регресійного аналізу, що формують систему для оцінки впливу екологічних чинників і показників використання земель регіону, створюючи кількісне підґрунтя для формування інфор-

маційного забезпечення геоecологічного моніторингу та розроблення заходів для підвищення ефективності землекористування. У представлених інструментах фокусується увага на характеристиці показників адекватності математичних моделей, побудованих на основі застосування кореляційно-регресійного аналізу.

У результаті дослідження встановлюються взаємозв'язки між показниками і будуються моделі, адекватність яких підтверджується критеріями адекватності: коефіцієнтом Стюдента; коефіцієнтом Фішера; показниками перевірки на гомо- або гетероскедастичність; критерієм Дарбіна-Уотсона; коефіцієнтом перевірки взаємозв'язків на мультиколінеарність.

Представлені показники створюють систему для перевірки встановлених зв'язків між показниками, що дозволяє забезпечити відповідний рівень їхньої достовірності та створити оцінне підґрунтя для формування інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу та розроблення заходів щодо підвищення ефективності використання земель регіону.

Застосовуючи кореляційно-регресійний аналіз, визначені критерії адекватності, побудовано графік і математичні моделі залежності між узагальнюючим геоecологічним критерієм та інтегральними екологічним і показником використання земель регіону (рис. 1–2).

У результаті дослідження визначено істотний вплив інтегрального екологічного показника на

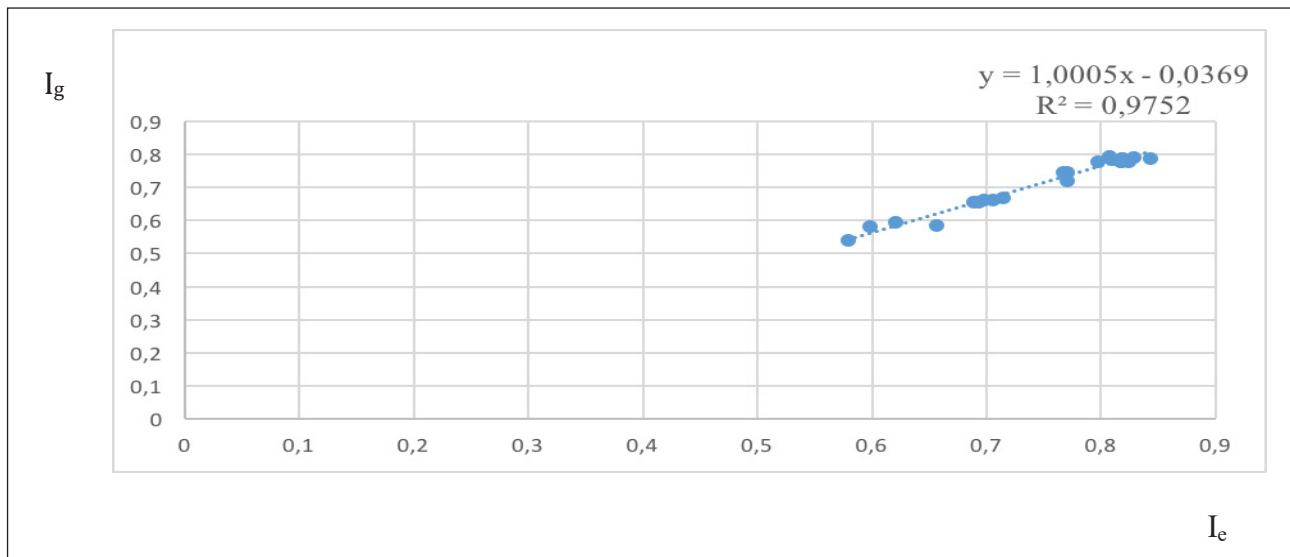


Рис. 1. Графік і математична модель залежності між узагальнюючим геоecологічним критерієм використання земель регіону й інтегральним екологічним показником, відн. од. (розроблено автором)

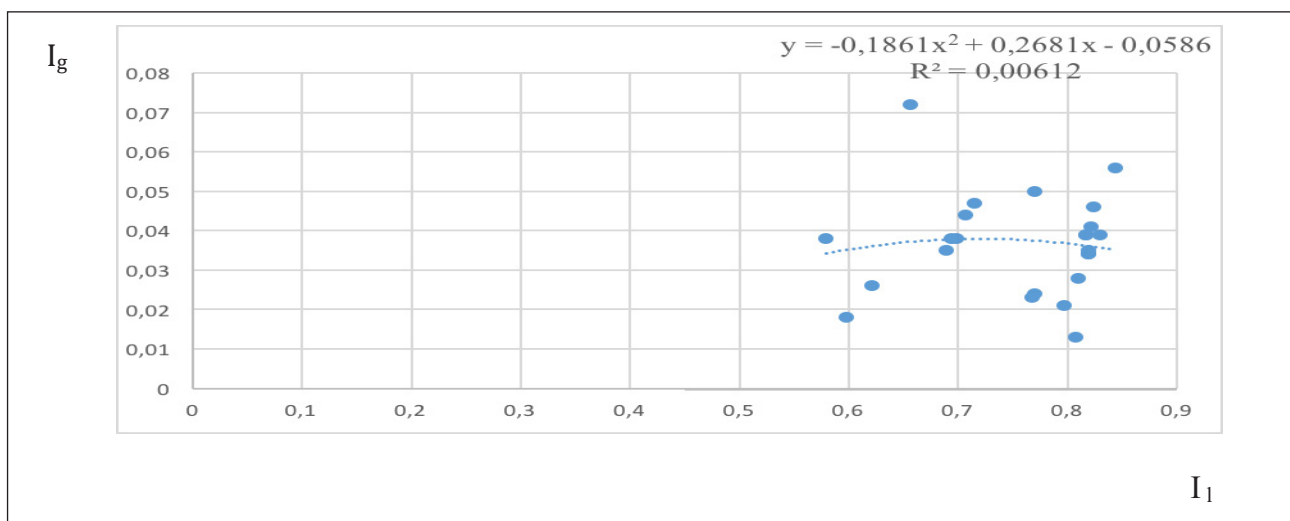


Рис. 2. Графік і математична модель залежності між узагальнюючим геоecологічним критерієм та інтегральним показником використання земель регіону, відн. од. (розроблено автором)

узагальнюючий геоecологічний критерій використання земель регіону ($R^2=0,9752$). Це свідчить про те, що майже на 98% інтегральний ecологічний показник обумовлює зміни узагальнюючого геоecологічного критерію, які мають прямо пропорційний зв'язок.

На основі дослідження встановлено, що розроблена модель залежності між інтегральним ecологічним показником і узагальнюючим критерієм геоecологічного стану використання земель регіону є адекватною і свідчить про високий рівень впливу незалежної змінної на результуючий її складник.

Графік і математична модель залежності між узагальнюючим геоecологічним критерієм та інтегральним показником використання земель регіону представлено на рис. 2.

У результаті дослідження визначено нелінійний зв'язок між представленими показниками. Крім того, встановлено низький рівень впливу інтегрального показника використання земель регіону на геоecологічний критерій. Це свідчить про те, що в сучасних умовах функціонування та розвитку регіону для забезпечення геоecологічного стану основна увага фокусується на ecологічних складниках за ігнорування показників землекористування.

Представлені критерії моделі впливу інтегрального показника використання земель регіону на узагальнюючий геоecологічний критерій свідчать про адекватність моделі та можливість її застосування для формування системного середовища щодо інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу та розроблення заходів підвищення ефективності землекористування.

Варто зазначити, що в результаті дослідження визначено високий рівень впливу та фокусування уваги на визначенні геоecологічного стану ecологічних показників за зниження важливості показників використання земель регіону. Це призводить до розбалансування системи земельних відносин, зменшує можливості для формування інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу використання земель і потребує розроблення відповідних заходів.

У результаті моделювання встановлено, що зростання інтегрального показника використання земель приведе до збільшення узагальнюючого геоecологічного критерію в усіх регіонах України за радикальної зміни його траєкторії (збільшення I_t на 70%).

Для формування інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу й обґрунтування

заходів щодо зростання інтегрального показника використання земель регіону здійснено моделювання складників, що формують представлений критерій (окрім рівня забудови територій). Зокрема, застосовуючи розроблену модель оцінки інтегрального показника землекористування, результати його визначення, встановимо рівень змін узагальнюючого критерію використання земель залежно від зростання складників його формування (окрім рівня забудови територій).

Зростання показників використання земель від 1 до 70% приведе до незначного зростання інтегрального показника землекористування: у разі зміни на 1% – збільшення показника на 1,2%; 2% – 1,5; 5% – 4,4; 10% – 9,7; 50% – 51,2; 60% – 61; 70% – 70,7.

Отже, зростання інтегрального показника використання земель регіону більш прискореними темпами відбувається в разі забезпечення збільшення його складників на 50% і більше відсотків.

У результаті дослідження визначено, що в областях України для прискорення зростання інтегрального показника використання земель необхідно забезпечити спільне збільшення на 50–70% таких показників: інформаційного забезпечення рівня використання земель; функціональних показників; визначаючих формування та реалізацію права на землю; рівня технічного та технологічного забезпечення.

Найбільша динаміка щодо зростання інтегрального критерію використання земель завдяки створенню можливостей збільшення представлених показників забезпечена в таких областях: Донецькій, Івано-Франківській, Київській, Одеській, Полтавській, Харківській, Херсонській.

Крім того, особливу увагу варто приділити зростанню показників використання земель в областях, де спостерігаються низькі темпи збільшення інтегрального показника використання земель: Житомирській, Кіровоградській, Львівській, Миколаївській, Рівненській, Сумській, Тернопільській, Хмельницькій, Чернівецькій, Чернігівській.

Важливим показником, що впливає на інтегральний показник використання земель, є рівень забудови територій. Варто зазначити, що зростання рівня забудови територій від 1 до 70% призводить до значного збільшення інтегрального показника використання земель: на 1% – зростання інтегрального критерію на 23%; 2% – на 47%; 5% – у 2,2 рази; 10% – у 3,4 рази; 50% – у 12,8 разів; 60% – у 15,2 разів; 70% – у 17,5 разів.

Отже, зростання рівня забудови територій забезпечить більш прискорене збільшення інтегрального критерію використання земель порівняно з іншими показниками. Це потребує значної уваги до змін рівня забудови територій і розроблення заходів щодо його зростання.

У результаті моделювання визначено, що найбільше зростання інтегрального показника використання земель від збільшення рівня забудови територій можна забезпечити в таких областях: Харківській, Київській, Полтавській, Івано-Франківській, Херсонській. Водночас низькими темпами зростання інтегрального показника використання земель від збільшення рівня забудови територій характеризуються такі області: Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька, Чернігівська. На узагальнюючий показник геоecологічного стану використання земель регіону найбільше впливає інтегральний екологічний показник. Проте такий вплив не забезпечив високого рівня геоecологічного стану загалом по Україні. В областях спостерігається посередній або високий рівень геоecологічного стану використання земель. Відсутність стабільно високого рівня геоecологічного стану потребує розроблення заходів щодо зростання екологічних показників.

У дослідженні для підвищення ефективності використання земель на основі розроблених моделей здійснено моделювання змін узагальнюючого геоecологічного критерію залежно від зростання інтегрального екологічного показника.

Рівень змін узагальнюючого геоecологічного критерію використання земель залежно від збільшення інтегрального екологічного показника свідчить про те, що наявне збільшення інтегрального екологічного показника на 10% у більшості областях та на 15% у всіх регіонах України.

У результаті оцінки визначено зростання загального рівня інтегрального екологічного показника використання земель регіону залежно від збільшення його складників (окрім показника, що характеризує загрози виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій) випереджуваними темпами: на 1% – зростання на 1,7%; на 2% – на 3,4%; на 5% – на 8,5%; на 10% – на 16,9%; на 15% – на 25,4%. Результати моделювання змін інтегрального екологічного показника від зниження показника, що характеризує загрози виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій, свідчать про те, що скорочення показника, що характеризує загрози виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій на 1%, приводить до зростання інтегрального екологічного

показника на 2% – 3; на 5% – 8; на 10% – 17; на 15% – 25.

На основі моделювання змін інтегрального показника використання земель регіону залежно від зростання його складників (окрім показника, що характеризує загрози виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій) за регіонами України встановлено найбільші темпи його збільшення в таких областях: Полтавській, Донецькій, Одеській, Рівненській.

Крім того, варто зазначити, що в більшості областей України спостерігалися випереджувачі темпи зростання інтегрального екологічного показника залежно від покращення стану навколишнього середовища; від збільшення витрат і капітальних інвестицій на здійснення охорони земель і екологічну безпеку; від зростання рівня екологічної безпеки; від функціональних напрямів екологічного використання земель; управління напрямами формування й охорони навколишнього природного середовища; інформаційного забезпечення екологічного використання земель; потенційних напрямів екологічного використання земель.

Отже, у результаті моделювання впливу показника, що характеризує загрози виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій, на інтегральний екологічний показник використання земель визначено аналогічне зростання результуючого критерію, як і за збільшення попередніх його складників, залежно від скорочення представленої показника.

Для зростання ефективності використання земель особливе значення має розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо формування інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу для покращення геоecологічного стану в контексті регіонального розвитку. Для цього визначається узагальнюючий показник, що характеризує рівень регіонального розвитку, – індекс фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах порівняно з попереднім роком. У результаті аналізу визначено, що за 2004–2016 рр. спостерігалася хвилеподібна тенденція зміни індексу фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо показників попереднього року, де періоди зростання змінювалися падінням. Загалом протягом 2004–2016 рр. цей показник скоротився на 9,6%.

У результаті визначення індексу фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо показників попереднього року у 2016 р. за областями України встановлено його зростання

в більшості регіонах: Вінницька – 1,049; Волинська – 1,09; Донецька – 1,018; Житомирська – 1,045; Івано-Франківська – 1,012; Київська – 1,018; Кіровоградська – 1,087; Луганська – 1,254; Николаївська – 1,04; Одеська – 1,062; Полтавська – 1,003; Харківська – 1,037; Херсонська – 1,003; Хмельницька – 1,013; Черкаська – 1,036; Чернівецька – 1,003; Чернігівська – 1,03.

Побудовано математичну модель, що характеризує залежність між узагальнюючим геоecологічним критерієм використання земель регіону й індексом фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо попереднього року (I_R).

У результаті дослідження визначено посередній рівень залежності ($R=0,304$) між узагальнюючим геоecологічним критерієм використання земель та індексом фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо попереднього року. Це свідчить про те, що на показник регіонального розвитку впливають й інші регіональні чинники (демографічні, інвестиційні, фінансові, цінні, сфери функціонування тощо). Показники геоecологічного стану використання земель майже на 30% зумовлюють зміни індексу фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо попереднього року.

У результаті дослідження визначено, що розроблена модель є адекватною і може застосовуватися для формалізації напрямів підвищення індексу фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо попереднього року залежно від зростання узагальнюючого геоecологічного критерію використання земель регіону.

У результаті моделювання встановлено залежність збільшення індексу фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо попереднього року в усіх областях від зростання узагальнюючого геоecологічного критерію використання земель на 10%. Найбільші тенденції зростання спостерігаються в таких областях: Донецькій, Закарпатській, Запорізькій, Івано-Франківській, Київській, Львівській, Миколаївській, Рівненській, Сумській, Тернопільській, Херсонській, Чернівецькій.

Водночас за наявності зростання на 1% не спостерігається зростання в таких областях: у Вінницькій, Волинській, Дніпропетровській, Житомирській, Кіровоградській, Луганській, Одеській, Полтавській, Харківській, Хмельницькій, Черкаській, Чернігівській.

Отже, для забезпечення зростання показника, що характеризує регіональний розвиток, особливе значення має збільшення узагальнюючого

критерію геоecологічного стану використання земель регіону на рівні не менш як 10%. Водночас буде забезпечено збільшення індексу фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо попереднього року в усіх областях України.

У результаті дослідження формалізовані залежності між показниками, що формують геоecологічний стан використання земель населених пунктів, розроблені відповідні математичні моделі та встановлено причинно-наслідкові зв'язки між узагальнюючим критерієм геоecологічного стану й індексом фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо попереднього року в усіх областях України, що дозволило створити підґрунтя для розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо формування інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу для підвищення ефективності землекористування.

Запропоновані напрями для підтримки високого рівня екологічних показників, які впливають на узагальнюючий критерій геоecологічного стану використання земель регіону:

1. Покращення стану навколишнього середовища.
2. Зниження рівня загрози виникнення надзвичайних екологічних ситуацій шляхом скорочення рівнів впливу чинників техногенного характеру, небезпечних природних чинників, із забезпеченням соціальної спрямованості заходів.
3. Зростання витрат і капітальних інвестицій на охорону земель і екологічну безпеку.
4. Підвищення рівня екологічної безпеки шляхом оптимізації співвідношення обсягу викидів забруднюючих речовин і чисельності населення загалом і за регіонами України, обсягів відходів на душу населення, рівня смертності, кількості викидів забруднюючих речовин на 1 м² земель, утворення відходів на 1 м² земель.
5. Зростання ефективності реалізації функціональних напрямів екологічного використання земель регіону.
6. Забезпечення ефективності управління напрямами формування й охорони навколишнього природного середовища.
7. Формування й удосконалення інформаційного забезпечення екологічного використання земель населених пунктів.

У дослідженні в результаті моделювання доведено необхідність зростання інтегрального екологічного показника на 15%, що приведе до значного збільшення узагальнюючого геоecологічного критерію використання земель у всіх областях України.

Встановлено, що в сучасних умовах землекористування спостерігається зниження впливу показників, що характеризують рівень використання земель, на узагальнюючий критерій геоecологічного стану. Тому великого значення набуває забезпечення зростання значущості рівня землекористування завдяки:

1. Повноті інформаційного забезпечення рівня використання земель шляхом удосконалення системи формування та використання нормативно-правового, статистичного, геодезичного, картографічного, просторового, містобудівного, інвестиційного забезпечення.

2. Зростанню рівня ефективності реалізації функціональних напрямів використання земель на основі збільшення співвідношення кількості населення та площі забудованих територій і рівня визначення нормативної грошової оцінки земель.

3. Удосконаленню системи формування та реалізації права на землю.

4. Зростанню рівня технічного та технологічного забезпечення використання земель.

5. Збільшенню рівня забудови територій.

Загалом, враховуючи результати моделювання, для забезпечення зростання узагальнюючого геоecологічного критерію у всіх областях України визначена необхідність збільшення інтегрального показника використання земель на 70%.

Отже, формування інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу здійснюється шляхом: аналізу екологічного стану та рівня й особливостей використання земель; побудови багаторівневої системи чинників, що характеризують геоecологічний стан використання земель регіону; визначення методів оцінки показників, що характеризують геоecологічний стан використання земель регіону; розроблення та застосування методу інтегральної оцінки геоecологічного стану використання земель регіону й оцінки інтегрального критерію; здійснення його моделювання; розроблення математичної моделі, що визначає залежність між узагальнюючим показником геоecологічного стану використання земель регіону й індексом фізичного обсягу валового

регіонального продукту в цінах щодо попереднього року.

Висновки. Отже, запропоновано визначення геоecологічного моніторингу як системи, що враховує напрями й особливості формування та взаємодії екологічних чинників і таких, що характеризують рівень землекористування, що дозволяє здійснити перманентне спостереження й контроль і розробити заходи підвищення ефективності використання земель регіону.

Узагальнено теоретичні положення щодо визначення інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу використання земель регіону, які базуються на багатоаспектності змістовних характеристик екологічних чинників і факторів землекористування, що дозволило розвинути теоретико-методичну базу для інтегральної оцінки геоecологічного стану.

Удосконалені моделі визначення узагальнюючого показника геоecологічного стану використання земель регіону на основі екологічних чинників і показників землекористування, які дозволяють здійснити інтегральну оцінку та прогнозування для розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо формування інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу;

Удосконалені математичні моделі, які базуються на застосуванні кореляційно-регресійного аналізу, що дозволяють встановити зв'язок між інтегральними показником геоecологічного стану використання земель регіону й індексом фізичного обсягу валового регіонального продукту в цінах щодо попереднього року, здійснити їх прогнозування для формування оцінного підґрунтя підвищення ефективності землекористування

Розроблені науково обґрунтовані рекомендації щодо формування інформаційного забезпечення геоecологічного моніторингу використання земель регіону, які базуються на результатах моделювання інтегрального показника геоecологічного стану, що дозволило визначити напрями зростання екологічного показника й показника землекористування та побудувати геоінформаційну карту геоecологічного стану в регіонах України.

Список літератури:

1. Адаменко О., Лободіна З., Луценко А., Триснюк В. Геоінформаційні системи екологічної безпеки об'єктів нафтогазового комплексу: матеріали науково-практичної конференції (23–27 лютого 2004 р., м. Яремча, Івано-Франківська область). К.: Знання, 2003. С. 28 – 30.
2. Білашенко О. Визначення геоecологічного стану техногенно-навантажених територій за комплексом геофізичних даних: дис. ... д. геол. наук: 04.00.22; Національний гірничий університет. 176 с.
3. Дзюблюк Т. Геоecологічний моніторинг Хмельницької урбосистеми: монографія / за ред. І. Ковальчука. Львів: Вид-во ЛНУ ім. Івана Франка, 2005. 108 с.

4. Мамонов К., Штерндок Є. Методи і моделі оцінки формування, розподілу та використання земель мегаполісу, що застосовуються у системі геоінформаційного забезпечення. Економічна кібернетика: аспекти становлення і розвитку електронної економіки: збірник наукових праць. 2017. С. 92 – 96.

5. Міщенко Л. Геоекологічне районування: наукова монографія. Івано-Франківськ: Симфонія-форте, 2011. 408 с.

6. Триснюк В. Геоекологічний моніторинг Подільських Товтр в межах Гусятинського району Тернопільської області: дис. ... канд. географ. наук: 11.00.11; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. Чернівці, 2004. 234 с.

РАЗРАБОТКА НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ РЕГИОНА

Целью статьи является разработка научно обоснованных рекомендаций по формированию информационно-аналитического обеспечения геоэкологического мониторинга использования земель региона. Определено понятие геоэкологического мониторинга использования земель региона. Охарактеризовано информационное обеспечение геоэкологического мониторинга использования земель региона. Представлены результаты моделирования направлений формирования интегрального показателя геоэкологического состояния использования земель региона. Разработаны направления повышения экологического и уровня использования земель региона.

Ключевые слова: геоэкологический мониторинг, использование земель городов, экологические показатели, показатели использования земель региона, геоэкологическое состояние использования земель региона, направления роста экологического и уровня использования земель региона.

DEVELOPMENT OF SCIENTIFICALLY BASICED RECOMMENDATIONS FOR THE FORMATION OF INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT OF GEO-ECOLOGICAL MONITORING OF THE USE OF LAND OF THE REGION

The purpose of the article is to develop scientifically based recommendations for the formation of information and analytical support for geoeological monitoring of the use of land in the region. The concept of geo-ecological monitoring of land use in the region is defined. The information support of geoeological monitoring of the use of the region's lands is characterized. The results of modeling the directions of the formation of an integral indicator of the geoeological state of the use of the region's lands are presented. The developed directions of increasing the ecological and level of land use in the region.

Key words: geoeological monitoring, use of urban lands, environmental indicators, land use indicators of region, geoeological state of use of region's lands, directions of growth of ecological and land use level in region.

ЕЛЕКТРОНІКА

УДК 621.38

Баран В.С.

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

Савченко Ю.Г.

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

Трапезон К.О.

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

АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ВИОКРЕМЛЕННЯ КОНТУРІВ ЗАДАНОГО ОБ'ЄКТА НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ IMAQ VISION

У середовищі електронного моделювання Labview розроблено покроковий програмний алгоритм для виділення контурів об'єкта (наприклад, автомобіля) на отриманому зображенні задля зчитування особливої символічної інформації (номерного знака) на сцені спостереження. Запропоновано методи сегментації та фільтрації зображення, які здатні обробляти інформацію в режимі реального часу за наявності шумів і спотворень зображення. Розроблений алгоритм може бути використаний у реальних системах відеоспостереження, де необхідна автоматична фіксація об'єктів спостереження за невеликої собівартості системи. Визначено, що в задачах розпізнавання образів для класифікації та селекції виділених ділянок доцільно використовувати інтегральні геометричні ознаки. Обґрунтовано, що найпростіша система оптичного розпізнавання складається з 4 блоків, основним із яких визначено блок розпізнавання символів.

Ключові слова: зображення, система, об'єкт, алгоритм, спостереження, схема.

Постановка проблеми. Цифрове оброблення та комп'ютерний аналіз зображень застосовуються в різних галузях науки й техніки, де використання відповідних систем широко задіяне в інтелектуальних робототехнічних комплексах, у системах промислового контролю, системах відеоспостереження та ідентифікації даних, у системах охоронної безпеки й системах управління рухомими апаратами. У всіх зазначених випадках саме від алгоритму розпізнавання елементів зображень залежить точність отриманих даних оброблення. «Машинний зір» (Machine vision) як поняття, найбільш повно охоплює коло інженерних технологій, методів та алгоритмів, пов'язаних із завданням інтерпретації сцени спостереження

за її двовимірними проекціями (зображеннями), а також як практичне використання результатів цієї інтерпретації. Можна стверджувати, що вирішення автоматичного виділення складних об'єктів відкриває перед системами «машинного зору» велике коло потенційних галузей застосування, таких як промислова інспекція та контроль якості, робототехніка, навігація і транспортування, медицина й біомеханіка, інженерна праця, автоматизація проектування й безліч інших. До того ж засоби машинного зору настільки сьогодні стали ефективними, що можливості, отримані в цій галузі, досягли такого рівня, що вони вже багато в чому наближаються до «технічних характеристик» людини. Роздільна здатність багатьох

сенсорів для отримання відеоінформації практично відповідає числу елементів сітківки ока людини, а можливості обчислювальних засобів і спеціальних процесорів близькі до характеристик «обчислювальних потужностей», використовуваних для оброблення зображень у мозку. Однак єдиного математичного формалізму та єдиної загально визнаної методики розроблення алгоритмів у галузі машинного зору наразі не існує.

Основні цільові технологічні завдання алгоритму можуть бути сформульовані так: виявлення об'єктів і змін у сцені спостереження; високоточні вимірювання елементів сцени; стеження за об'єктами; самоорієнтація й самопозиціонування; реконструкція поверхонь і виявлення тривимірних структур; опис сцени й ідентифікація об'єктів; організація зорового зворотного зв'язку під час роботи керованих пристроїв, маніпуляторів або мобільних роботів у мінливому середовищі.

Виконання всіх цих операцій пов'язано з безпосереднім використанням обчислювальної техніки. Причому у зв'язку з тим що нині найбільшого поширення набули персональні комп'ютери, саме вони є основою для робочого місця розробника алгоритмічного забезпечення навіть у тих випадках, коли остаточна програмна реалізація алгоритмів передбачена на базі інших обчислювальних пристроїв.

Розроблення систем аналізу й оброблення цифрових зображень з метою точного розпізнавання об'єктів на них обов'язково має містити такі етапи [1]: попереднє дослідження властивостей типових зображень; аналіз можливості застосування відомих методів оброблення зображень у цьому конкретному технічному завданні; розроблення нових алгоритмів; первинна програмна реалізація нових алгоритмів і всебічна та коректна перевірка їх ефективності; остаточна програмна реалізація алгоритмів. Серед наявних програмних засобів одним із найкращих є середовище візуального програмування LabVIEW із бібліотекою компонент оброблення та аналізу зображень IMAQ Vision фірми National Instruments (США).

Українськими є на сьогоднішній день технічні рішення, які зможуть оптимізувати процеси виявлення об'єктів на сцені, в реальному часі здійснювати оброблення отриманого зображення з урахуванням вартісних показників таких систем.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження найбільш ефективних методів і способів оброблення зображення за допомогою математичного середовища IMAQ Vision фірми National Instruments для створення оптимального алго-

ритму оброблення та виявлення об'єктів і їх основних недоліків під час аналізу, фільтрації, сегментації. Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості впровадження алгоритмів, наприклад, в аналогічні системи відеоспостереження, що, по-перше, значно прискорить процес оброблення зображення, по-друге, повністю автоматизує виявлення та фіксацію об'єктів спостереження.

Виклад основного матеріалу дослідження.

В основі багатьох складних процедур аналізу зображення лежить виділення зв'язкових ділянок або зв'язкових контурів, що виконується на першому етапі аналізу зображення. Зв'язкова ділянка зображення – це, з одного боку, тип об'єкта, все ще дуже близько пов'язаний із растровим зображенням (зв'язкова ділянка може бути представлена не тільки векторним списком, а й відповідною бінарною растровою «маскою»), водночас це вже якась самостійна семантична одиниця, що дає змогу вести подальший геометричний, логічний, топологічний і будь-який інший аналіз зображення [2].

Поняття «сусідства» і «зв'язності» тісно пов'язані з природною топологією й геометрією дискретного цифрового зображення.

Кожен піксель зображення з координатами (x, y) має вісім сусідів, складників прямокутної околиці 3×3 (таблиця 1).

Таблиця 1

$[x-1, y-1]$	$[x, y-1]$	$[x+1, y-1]$
$[x-1, y]$	$[x, y]$	$[x+1, y]$
$[x-1, y+1]$	$[x, y+1]$	$[x+1, y+1]$

При цьому чотири пікселя (сусіди по горизонталі й вертикалі) є більш близькими і знаходяться від центрального пікселя околиці на відстані 1. Ще чотири пікселя (сусіди по діагоналі) є менш близькими сусідами і знаходяться від центрального пікселя околиці на відстані $\sqrt{2}$. Відповідно, в обробленні зображень розглядаються два види сусідства та два відповідних їм виду зв'язності: сусідство «по хресту» і 4-зв'язність; сусідство «по квадрату» і 8-зв'язність.

Найчастіше використовується відношення 8-зв'язності, при якому вважається, що на прямокутній ділянці кожна точка зображення має вісім сусідів [3].

Зв'язковою ділянкою зображення вважається така його ділянка, в якій всі точки ділянки мають однакове значення (яскравості або іншої ознаки); між будь-якими двома точками, що належать цій ділянці, існує безперервний шлях, що складається

з точок, які також належать цій ділянці та є при цьому «сусідами» в сенсі заданого відношення сусідства (8- або 4-зв'язності). У разі аналізу бінарного зображення перша умова означає, що розглядаються окремі зв'язкові ділянки, з яких складається «об'єкт» або фон».

Метою сегментації зображення в «широкому сенсі» є розбиття зображення на семантичні ділянки, які мають сувору кореляцію з об'єктами або ділянками спостережуваної тривимірної сцени [3]. У більш вузькому сенсі під сегментацією півтонових зображень розуміють завдання розбиття площини кадру на ряд зв'язкових ділянок, що не перетинаються, кожна з яких має деяку внутрішню однорідність того чи іншого виду (однорідність яскравості пікселів).

Нехай уся ділянка кадру позначається як R . Тоді сегментацією зображення називається процес розбиття R на таку сукупність зв'язкових ділянок $\{R_{ij}\}$, $i = 1..n$, що для них виконуються такі основні умови:

$$\begin{aligned} \text{а) } R &= \bigcup R_i, i = 1..n, \\ \text{б) } R_i \cap R_j &= \emptyset, \forall i \neq j, \\ \text{в) } \text{Pred}(R_i) &= \text{TRUE}, i = 1..n, \\ \text{г) } \text{Pred}(R_i \cup R_j) &= \text{FALSE}, \forall i \neq j. \end{aligned} \quad (1)$$

де $\text{Pred}(R)$ – булевський предикат однорідності ділянки в деякому заданому сенсі.

Перша умова цього виразу стверджує, що ділянки розбиття цілком покривають кадр зображення. Друга умова описує той факт, що ділянки розбиття попарно не перетинаються. Третя умова вимагає, щоб кожна ділянка розбиття була однорідною ділянкою зображення в заданому сенсі. Нарешті, четверта умова вимагає, щоб попарне об'єднання будь-яких двох ділянок цього розбиття не задовольняло умову однорідності.

У завданнях розпізнавання образів для класифікації та селекції виділених ділянок часто використовуються інтегральні геометричні ознаки [4]. Зазвичай ці ознаки задаються евристично й характеризують форму образу. До них належать такі основні евристики: площа образу; положення центра мас образу; положення центра мас образу, що розглядається як бінарний; периметр образу; відношення квадрата периметра до площі образу; формат; компактність; периметр і площа описаного прямокутника мінімальної площі; відношення площі описаного прямокутника до площі образу; відношення квадрата периметра описаного прямокутника до площі; формат описаного прямокутника; відносні довжина й ширина

образу. Наприклад, площа S вважається як число ненульових елементів образу.

Координати центра ваги образу розраховуються через статичні моменти:

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{\int_{\Omega} B(x, y) x dx}{\iint_{\Omega} B(x, y) dx dy} \\ y_c &= \frac{\int_{\Omega} B(x, y) y dy}{\iint_{\Omega} B(x, y) dx dy}, \end{aligned} \quad (2)$$

У термінах IMAQ Vision зв'язкова ділянка називається «часткою» (particle). Операція типу Threshold здійснює бінаризацію вхідного зображення, виходячи із заданих значень мінімального й максимального порогів. Після цього значення пікселів стають рівними 0 – «фон» або 1 – «об'єкт». Далі будь-який піксель або група прилеглих один до одного ненульових пікселів, оточена фоном, може бути виділена як окрема зв'язкова ділянка за допомогою наступної операції.

Алгоритм оброблення й виявлення об'єкта на зображенні

Досліджуваний алгоритм передбачає оброблення й аналіз вхідного зображення, виділення символічної інформації (номерного знака автомобіля) з вхідного зображення [4].

Система оптичного розпізнавання складається з таких основних блоків: блок попереднього оброблення зображення; блок сегментації (локалізації та виділення) елементів тексту; блок виділення ознак; блок розпізнавання символів. Ці алгоритмічні блоки відповідають послідовним крокам оброблення та аналізу зображень. Розглянемо поетапно цей алгоритм. На першому етапі здійснюється приведення вхідного зображення до півтонового вигляду шляхом виділення з нього колірного складника (Color Plane extraction).

Наступний етап передбачає згладжування, фільтрацію з метою усунення шумів, нормалізації розміру, а також інших перетворень з метою виділення знакових елементів або ознак, що використовуються згодом для їх розпізнавання. У цьому випадку використано функцію IMAQ Convolute, яка здійснює лінійну фільтрацію (згортку) зображення в просторовій ділянці з довільно заданою маскою. Для оброблення зображення обрано досить велику маску (kernel size = 7), оскільки в разі збільшення розміру вікна фільтрації зростає здатність фільтра до притлумлення його шумового складника. На вихідному відфільтрованому зображенні об'єкти мають більш окреслені, чіткі форми.

Наступний крок алгоритму полягає у виділенні текстових ділянок, рядків і розбитті зв'язкових текстових рядків, кожне з яких відповідає одному текстовому символу .

Для реалізації виділення символічних ділянок використано функцію shape detection, яка дає змогу знаходити об'єкти на зображенні за відомими для них контурами. У цьому випадку для номерного знака автомобіля пошук відбувався за прямокутними формами об'єктів. Отриманий результат функції ілюструє рис. 1.

Останнім етапом цього алгоритму є розпізнавання символів у ділянці пошуку. Розпізнавання символів відбувається в процесі порівняння виділених характерних ознак з еталонними наборами і структурами ознак, що сформовані й збереженні в процесі навчання системи на еталонних прикладах текстових символів.

Навчання системи передбачає оброблення еталонного зображення (стандартного номерного знака автомобіля) з налаштуванням символічних характеристик (розмір і кількість символів

на зображенні, міжсимвольна відстань тощо). Вихідне зображення цього алгоритму зображено на рис. 2, блок-діаграма розробленого та протестованого програмного алгоритму – на рис 3.

Досліджувані алгоритми, які створені для вирішення прикладних завдань машинного зору, повинні працювати на реальних зображеннях. Водночас у процесі оброблення реальних зображень є багато чинників, які впливають на процес їх оброблення й аналізу. Наведемо лише основні з них:

- завади та «шум» – мають десятки видів джерел виникнення, до яких можна зарахувати недосконалість сенсорів приймально-передавальної апаратури та апаратури оцифрування зображень, важкі умови зйомки, недоліки освітлення тощо;
- складний текстурований фон виявлення об'єктів;
- ефекти маскування одних об'єктів іншими об'єктами, як правило, не визначеної заздалегідь форми;



Рис. 1. Виділення шуканої ділянки (функція shape detection)



Рис. 2. Результат алгоритму зчитування символічної інформації

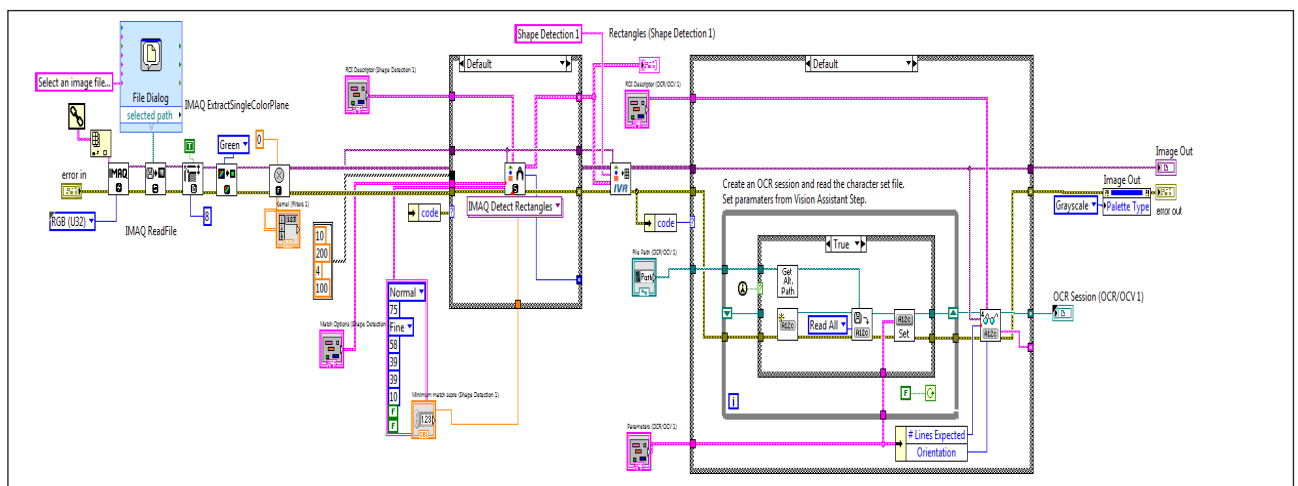


Рис. 3. Блок-діаграма алгоритму

- спотворювальні оптичні ефекти у вигляді різних розфокусувань, дисторсій об'єктів, спотворень ракурсів тощо;

- ефекти різкої зміни освітлення, відблиски, тіні;

- різноманітність і мінливість самих об'єктів – мінлива структура (як у текстових рядків, автомобільних номерів або штрихових кодів), можливі дефекти тощо;

- ефекти зміни середовища між сенсорами й об'єктами спостереження – задимлення, атмосферні опади, пил, штучні перешкоди та багато іншого;

- несинхронність реєстрації та оброблення даних у динамічних задачах, пов'язана з обмеженнями швидкодії комп'ютерних засобів зберігання й аналізу зображень.

Висновки. Розроблено програмні алгоритми для виділення контурів об'єкта (автомобіля) на отриманому зображенні та для зчитування символічної

інформації (номерного знака автомобіля) на сцені спостереження. Запропоновано підходи до сегментації й фільтрації зображення, що здатні обробляти інформацію в режимі реального часу, при цьому незважаючи на шуми та значні спотворення зображення. Практичне значення й новизна розробленого програмного алгоритму полягає в тому, що застосування запропонованого рішення, наприклад, у системах автоматичного відеоспостереження під час фіксації порушень правил дорожнього руху або викрадення автомобіля дає змогу постійно оцінювати стан контрольованої території, виділяючи так звані охоронні події (наявність автомобіля в зоні спостереження), фіксувати номерний знак авто й заносити його до бази даних у режимі реального часу. Важливо також те, що запропонований програмний продукт не потребує великих обчислювальних витрат, що дає можливість його налаштування на сучасних недорогих персональних комп'ютерах, тим самим значно зменшуючи загальну вартість системи.

Список літератури:

1. Визильтер Ю.А., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржин А.В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision. Москва: ДМК Пресс, 2016. 464 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений. Москва: Техносфера, 2005. 1072 с.
3. Мерков А. Распознавание образов. Построение и обучение вероятностных моделей. Санкт-Петербург: Ленанд, 2014. 240 с.
4. Слынько Ю. Регистрация изображений и сопровождение объектов. Москва: Lambert Academic Publishing, 2011. 116 с.

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ И ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРОВ ЗАДАННОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ IMAQ VISION

В среде электронного моделирования Labview разработан пошаговый программный алгоритм для выделения контуров объекта (например, автомобиля) на полученном изображении для считывания основной символической информации (номерного знака) на сцене наблюдения. Предложены методы сегментации и фильтрации изображения, которые позволяют в режиме реального времени проводить процесс обработки информации в условиях шумов и искажений изображения. Разработанный алгоритм может быть использован в системах видеонаблюдения, где необходима автоматическая фиксация объектов наблюдения при условии небольшой стоимости системы. Определено, что в задачах распознавания образов для классификации и селекции выделенных областей целесообразно использовать интегральные геометрические признаки. Найдено, что простейшая система оптического распознавания может состоять всего лишь из 4 блоков, основным из которых можно считать блок распознавания символов.

Ключевые слова: изображение, система, объект, алгоритм, наблюдение, схема.

ALGORITHM OF RECOGNITION AND ALLOCATION OF THE CONTOURS OF THE ASSIGNED OBJECT BASED ON THE USE OF THE IMAQ VISION PLATFORM

In Labview's electronic simulation environment, a step-by-step program algorithm is developed to isolate the contours of an object (for example, a car) on the resulting image to read out special symbolic information (license number) on the scene. The methods of segmentation and image filtration are proposed, which allow real-time processing of information under noise and image distortion. The developed algorithm can be used in video surveillance systems, where automatic fixation of objects of observation is necessary under the condition of a small system cost. It is determined that in the problems of pattern recognition for classification and selection of the selected regions, it is advisable to use integral geometric features. It is found that the simplest system of optical recognition can consist of only 4 blocks, the main one of which can be considered a block for character recognition.

Key words: image, system, object, algorithm, observation, scheme.

Дяденчук А.Ф.

Бердянський державний педагогічний університет

Кідалов В.В.

Бердянський державний педагогічний університет

НАНОТРУБКИ ОКСИДУ ЦИНКУ, ОТРИМАНІ МЕТОДОМ РАДИКАЛО-ПРОМЕНЕВОЇ ЕПІТАКСІЇ НА ПОРУВАТІЙ ПОВЕРХНІ СЕЛЕНІДУ ЦИНКУ

Методом радикало-променевої епітаксії отримано оксидні нанотрубки ZnO на поверхні поруватого ZnSe. В якості темплейту для вирощування нанотрубок використано зразки ZnSe з попередньо нанесеною системою макропор різного розміру. Встановлено, що після відпаду у потоці атомарного кисню порувата поверхня зазнає значних змін і на підкладці ZnSe формуються оксидні нанотрубки ZnO. При цьому процес заміщення носить дифузійний характер.

Ключові слова: метод радикало-променевої епітаксії, електрохімічне травлення, оксидні нанотрубки.

Постановка проблеми. У технології створення елементної бази наноелектроніки намітився суттєвий прогрес, пов'язаний з використанням нанотрубок як досить досконалих квантових дротів. Вже створені діючі макети нанодіодов, нанотранзисторів і навіть логічні комп'ютерні схеми [1; 2].

Успіх у створенні елементної бази наноелектроніки з нанотрубками залежить від володіння технологією виготовлення нанотрубок, їх осадження на поверхню підкладки та вміння створити електричний контакт між електродами і нанотрубкою.

Фізика нанотрубок сама по собі надзвичайно цікава. Для цілей електроніки важливо те, що нанотрубки можуть бути виготовлені не тільки з вуглецевих матеріалів, але й з інших матеріалів.

В останні роки багато наукових груп активно зосереджені на отриманні наноструктурних оксидних напівпровідників, таких як ZnO [3], SnO₂ [4], Ga₂O₃ [5] і In₂O₃ [6] і вивченню їх властивостей.

Особливо цікавим широкозонним напівпровідником через його унікальні властивості став оксид цинку. Нанотрубки ZnO володіють високою механічною стабільністю та адсорбційною здатністю, радіаційною стійкістю, прозорістю у видимому діапазоні електромагнітного випромінювання та прямою широкою забороненою зоною, до того ж вони характеризуються великою поверхневою

площею. Дані наноструктури можуть бути використані для розробки [7].

Цікавою є можливість виготовлення наноструктурних об'єктів на поверхні поруватих напівпровідників. Так, у наших роботах [8; 9] були отримані якісні плівки GaN кубічної модифікації на поруватих підкладках GaAs методом радикало-променевої епітаксії. У цих роботах було показано, що поруваті підкладки здатні приймати на себе пружні деформації, які виникають у гетероструктурі GaN/porous-GaAs/GaAs. Також нами була показана можливість використання поруватого кремнію для сонячних батарей з ефективністю 17,5% [10] – розглянуті структури ZnO/porous-Si/Si та SnO₂/porous-Si/Si. У роботі [11] представлені суперконденсатори з поруватими електродами.

На даний момент використовуються різноманітні методи синтезу одновимірних оксидних структур: хімічне осадження з газової фази (CVD), високочастотне вакуумне розпилення, осадження з водних розчинів та ін. Однак наявні методи недостатньо селективні – їх продукти надзвичайно неоднорідні і містять поряд з нанотрубками багато інших оксидних нанорозмірних морфологій (стрічки, нитки, квітки тощо).

Зважаючи на все вищесказане, можна стверджувати, що дослідження у цій області продовжуються. Їх актуальність пов'язана з необхідністю створення більш дешевих і стійких покриттів, що

володіють поліпшеними експлуатаційними характеристиками.

Постановка завдання. Метою даної роботи було дослідження процесу отримання оксидних нанотрубок методом радикало-променевої епітаксії на поверхні поруватого напівпровідника A_2B_6 (ZnSe).

Виклад основного матеріалу дослідження. У нашому дослідженні як темплейт для вирощування оксидних нанотрубок використовувалися зразки ZnSe з попередньо нанесеною системою макропор.

Техніка експерименту

Експеримент проводився у два етапи:

1. отримання поруватої поверхні напівпровідників методом електрохімічного травлення;
2. відпал поруватих зразків у потоці атомарного кисню.

Перший етап. Поруватий ZnSe отримано у результаті електрохімічного травлення низькоомних монокристалів ZnSe n-типу провідності. Дана методика отримання поруватої поверхні ZnSe наведена у роботі [12]. Для електроліту використані суміші плавикової, соляної та азотної кислот, а саме: $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{HCl}=2:4:3$ і $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{HCl}=1:2:3$ у часовому проміжку від 10 до 30 хвилин, при зазначених складах і концентраціях компонентів електролітів щільності струмів варіювала у діапазоні від 30 до 270 mA/cm^2 . Експеримент проводився при кімнатній температурі.

Електронно-мікроскопічні дослідження демонструють, що даний матеріал являє собою

систему вертикально орієнтованих нанониток, сформованих в об'ємі пластини. Стовпці мають чіткі обриси. Товщина поруватого шару та розмір стовпців на поверхні зразків набували різних значень, що залежало від подаваного струму, складу і концентрації кислот у розчині електроліту, від часу анодування і т.д.

Результати дослідження морфології porous-ZnSe проаналізовано та занесено до таблиці 1.

Другий етап. На другому етапі поруваті зразки відпалювалися у потоці атомарного кисню. Температура процесу поступово збільшувалася з кроком у 50°C . Умови проведення даного етапу наведено у табл. 2.

Процеси відпалу проводилися наступним чином. Поруватий зразок було завантажено у проточну систему, з одного боку в яку подавали атомарний кисень. Інша сторона системи була підключена до турбомолекулярного насосу. Схематичне зображення установки для проведення експерименту наведено у роботі [13].

Результати та обговорення. Після відпалу порувата поверхня зазнає значних змін. У результаті відпалу поверхня підкладок змінює свій колір з жовто-зеленого на білий, що свідчить про утворення нової хімічної сполуки внаслідок заміщення атомів селену атомами кисню.

Поверхню отриманих зразків досліджено за допомогою скануючого електронного мікроскопу JSM-6490. Із СЕМ-мікрофотографій видно, що поверхня складається з колоноподібних нанокристалів. При цьому нанотрубки утворені на поверхні зразка 1, розташовані вертикально, а на зразку 2 – перпендикулярно до поверхні підкладки.

За допомогою рентгеноспектрального мікроаналізу були визначено хімічний склад поверхні утвореної гетероструктури (рис. 2). На поверхні наностовпців ZnSe утворилася плівка, до складу якої входить кисень і цинк.

Таблиця 1

Параметри поруватого ZnSe

Параметр	Значення	
	Зразок 1	Зразок 2
Висота стовпців h , м	10×10^{-6}	15×10^{-6}
Діаметр стовпців d , м	1×10^{-6}	5×10^{-6}
Відстань між стовпцями, м	$0,5 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-6}$
Розмір пластини поруватого ZnSe, m^2	10^{-4}	10^{-4}

Таблиця 2

Умови отримання оксидних нанотрубок на поруватій поверхні ZnSe

Параметр	Значення
Початкова температура відпалу, $^\circ\text{C}$	300
Кінцева температура відпалу, $^\circ\text{C}$	500
Час відпалу, хв.	50
Тиск кисню в камері росту, Па	10^{-3}
Потік радикалів кисню J_0 , $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{17}$

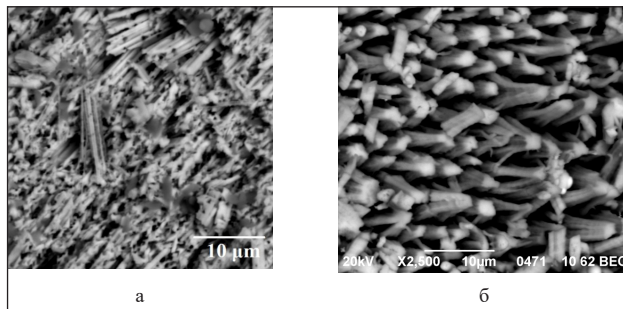


Рис. 1. СЕМ-зображення оксидних нанотрубок ZnO, отриманих на поруватій поверхні ZnSe: а – зразок 1, б – зразок 2

Дослідження дозволяють стверджувати, що наностовпці, утворені при електрохімічному травленні на поверхні ZnSe, конвертуються у нанотрубки ZnO (атоми селеніду зберігаються у незначній кількості).

Довжина нанотрубок оксиду цинку досягає десяти мікрон, при цьому зовнішній діаметр трубок варіює у межах від 0,5 до 2 мкм.

Дослідження фотолюмінесценції відбувалося при температурі 77 К, для чого використовувався азотний лазер ІЛГІ-503 з довжиною хвилі 337.1 нм та довжиною імпульсу 10 нс. За допомогою монохроматора МДР-12 було проаналізовано отримані спектри.

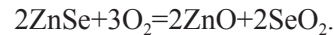
На рис. 3 наведено спектри ФЛ отриманих нанотрубок. Спектри випромінювання містять вузьку смугу в ультрафіолетовій (УФ) області спектра, обумовлену рекомбінацією вільних екситонів (385 нм).

З аналізу спектрів видно, що після відпалу спостерігається одна УФ смуга.

Механізм утворення оксидних нанотрубок на поруватій поверхні.

На початкових стадіях відпалу у гетерофазній системі конкурують два механізми дефектоутворення: квазіепітаксціальний та заміщення атомів.

При осадженні на поверхню ZnSe атомів О однією з важливих проблем є заміщення атомів Se атомами О, що призводить до формування тонкого огортаючого шару ZnO на поверхні ZnSe. Синтез оксидного покриття відбувається відповідно до хімічної реакції:



При подальшому покроковому підвищенні температури покриття ZnO буде рости внаслідок дифузії кисню в об'єм. Процес буде відбуватися до тих пір, поки атоми кисню повністю не «витіснять» атоми селену. Межа розділу шарів буде розмитою. Глибина дифузійного шару сильно залежить від умов проведення відпалу.

При високих температурах відпалу спостерігається інтенсивна десорбція селену з ZnSe.

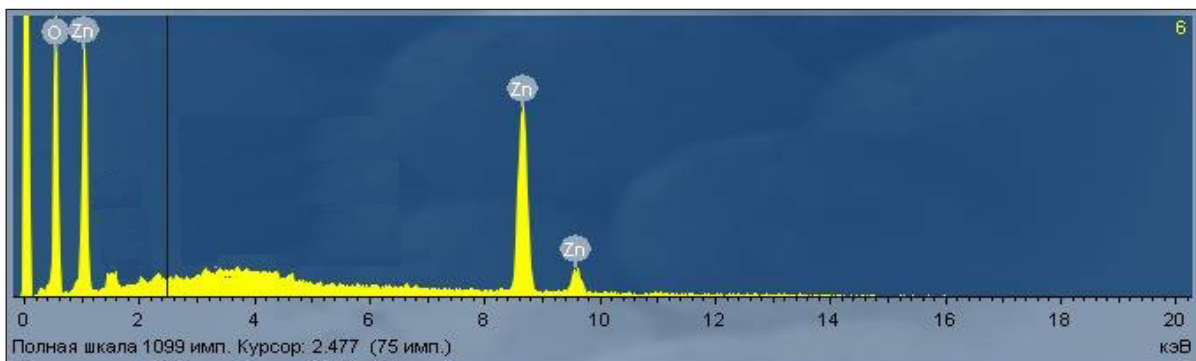


Рис. 2. Результати дослідження поверхні гетероструктур ZnO/porous-ZnSe/ZnSe методом енергодисперсійної рентгенівської спектроскопії

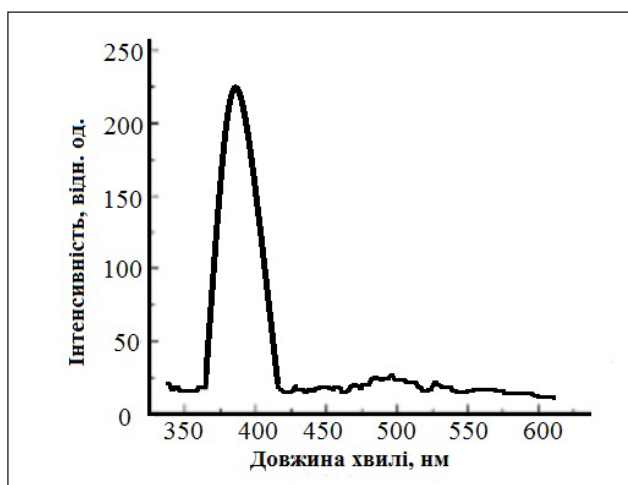


Рис. 3. Спектри фотолюмінесценції нанотрубок ZnO

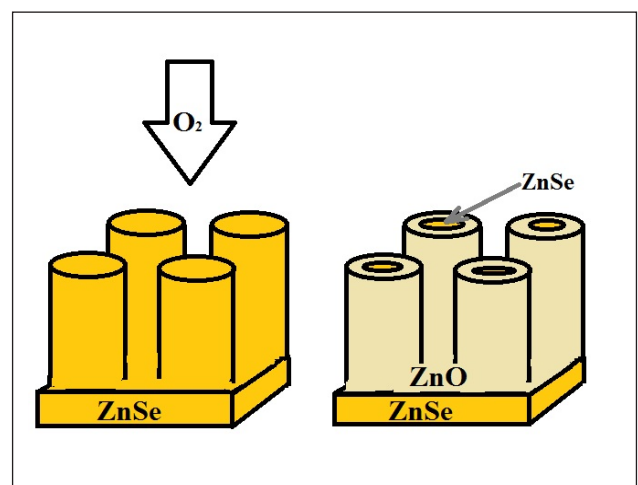


Рис. 4. Схематичне зображення утворення нанотрубок оксиду цинку

При проведенні відпалу киснем не тільки розривається зв'язок цинку з селеном, а й відбувається вихід селену за межі матеріалу, де утворюється з'єднання селену і кисню з формулою SeO_2 . Оксид, який присутній у повітрі у достатній кількості, є ізовалентним по відношенню до ZnSe .

Таким чином, відпал призводить до реорганізації поруватої структури – на поверхні відбувається утворення оксиду цинку. Модель формування нанотрубок представлено на рис. 4.

Висновки. Отже, у результаті відпалу у потоці атомарного кисню поруватих напівпровідникових пластин, на поверхні утворюються оксидні нанотрубки. При відпалі у потоці атомарного кисню

поруватого ZnSe стовпці поруватого шару реорганізуються в оксидні нанотрубки ZnO . Процес формування носить переважно дифузійний характер. Встановлено, що при одних і тих самих умовах формування оксидних покриттів, характеру формування будуть різнитися.

Дані дослідження дадуть змогу отримати нанотрубки на поруватих підкладках халькогенідів цинку, параметри виготовлених структур можуть бути різноманітними. Оксидні нанотрубки на поверхні поруватих напівпровідникових з'єднань A_2B_6 зможуть знайти застосування при виготовленні приладів опто-, мікро- та наноелектроніки.

Список літератури:

1. Matrel R., Schmit T., Shea H.R., Avoris Ph. Single- and multi-wall carbon nanotube field-effect transistors. *Applied Physics Letters*. 1998. Vol. 73. Pp. 2447-2452.
2. Игнатов А. Н. Микросхемотехника и наноэлектроника: учеб. пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2011. 527 с.
3. Solis-Pomar F., Jaramillo A., Lopez-Villareal J., Medina C., Rojas D., Mera A. C., Meléndrez M. F., Pérez-Tijerina E. Rapid synthesis and photocatalytic activity of ZnO nanowires obtained through microwave-assisted thermal decomposition. *Ceramics International*. 2016. Vol. 42, Issue 16. Pp. 18045-18052.
4. Ming-Ru Yang, Sheng-Yuan Chu, Ren-Chuan Chang. Synthesis and study of the SnO_2 nanowires growth. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2007. Vol. 122, Issue 1. Pp. 269-273.
5. Pinaki Guha, Supriya Chakrabarti, Subhadra Chaudhur. Synthesis of $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ nanowire from elemental Ga metal and its photoluminescence study. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*. 2004. Vol. 23, Issues 1-2. Pp. 81-85.
6. Nandan Singh, Raju Kumar Gupta, and Pooi See Lee. Gold-Nanoparticle-Functionalized In_2O_3 Nanowires as CO Gas Sensors with a Significant Enhancement in Response. *ACS Appl. Mater. Interfaces*. 2011. Vol. 3, № 7. Pp 2246–2252.
7. Fan Z., Ho J.C., Huang B. One-Dimensional Nanostructures for Energy Harvesting, in: *One-Dimensional Nanostructures*. John Wiley & Sons, Inc. 2012. Pp. 237–270.
8. Kidalov V. V., Sukach G. A., Petukhov A. O., Revenko A. S., Potapenko E. P. Photoluminescent and structural properties of GaN thin films obtained by radical-beam gettering epitaxy on porous GaAs (001). *Journal of Luminescence*. 2003. 102-103 (4): 712.
9. Кидалов В. В., Сукач Г. А., Ревенко А. С., Потапенко Е. П. Ультрафиолетовая люминесценция тонких пленок GaN , полученных методом радикало-лучевой геттерирующей эпитаксии на пористых подложках GaAs (111). *Физика и техника полупроводников*. 2003. Т. 37, вып. 11. С. 1303-1305.
10. Кидалов В. В., Хрипко С. Л. Солнечные батареи на основе низко-размерных нанокompозитных структур. *ЖНЭФ*. 2016. Т. 8, № 4 (2). С. 4-71.
11. Дяденчук А. Ф., Кидалов В. В. Использование пористых соединений AZB_5 для обкладок суперконденсатора. *ЖНЭФ*. 2015. Т. 7, № 1. С. 1-21.
12. Дяденчук А. Ф., Кидалов В. В. Получение пористого ZnSe методом электрохимического травления. *Ж. нано-электрон. физ.* 2013. Т. 5, № 3. С. 3-33.
13. Кидалов В. В., Дяденчук А.Ф. Нанотрубки оксида индия полученные методом радикало-лучевой эпитаксии. *Ж. нано-электрон. физ.* 2015. Т. 7, № 3. С. 3-26.

НАНОТРУБКИ ОКСИДА ЦИНКА, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ РАДИКАЛО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ НА ПОРИСТОЙ ПОВЕРХНОСТИ СЕЛЕНИДА ЦИНКА

Методом радикало-лучевой эпитаксии получены оксидные нанотрубки ZnO на поверхности пористого ZnSe . В качестве шаблонов для выращивания нанотрубок использованы образцы ZnSe с предварительно нанесенной системой макропор разного размера. Установлено, что после отжига в потоке атомарного кислорода пористые поверхности претерпевают значительные изменения и на подложке ZnSe формируются оксидные нанотрубки ZnO . При этом процесс замещения носит диффузионный характер.

Ключевые слова: метод радикало-лучевой эпитаксии, электрохимическое травление, оксидные нанотрубки.

**ZINC OXIDE NANOTUBES OBTAINED BY THE METHOD
OF RADICAL-BEAM EPITAXY ON THE POROUS SURFACE OF ZINC SELENIDE**

The method of radical-ray epitaxy obtained ZnO oxide nanotubes on the surface of porous ZnSe. As a template for growing nanotubes, samples of ZnSe with a previously applied macropore system of different sizes were used. It was established that after annealing in the stream of atomic oxygen, the porous surface undergoes significant changes and the ZnSe substrate forms oxide nanotubes ZnO. In this process the substitution is diffusive in nature.

Key words: radical-ray epitaxy method, electrochemical etching, oxide nanotubes.

Відомості про авторів

Алтухова Т.В. – асистент кафедри електромеханіки і автоматики Індустріального інституту ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»;

Антоненко А.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Арсеньова Л.Ю. – доктор технічних наук, професор кафедри експертизи харчових продуктів Національного університету харчових технологій;

Бабенко В.І. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів Національного університету харчових технологій;

Бажай-Жежерун С.А. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології оздоровчих продуктів Національного університету харчових технологій;

Баран В.С. – студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Баран Д.А. – магістр Київського національного університету культури і мистецтв;

Бараненко В.О. – доктор технічних наук, професор Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»;

Бахмач В.О. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів Національного університету харчових технологій;

Береза-Кіндзерська Л.В. – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету харчових технологій;

Божко Н.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент Сумського національного аграрного університету;

Бондар С.М. – кандидат технічних наук, доцент Одеської національної академії харчових технологій;

Бондаревська К.Л. – аспірант кафедри «Технології міжнародних перевезень і логістики» Приазовського державного технічного університету;

Борисов О.О. – кандидат технічних наук, доцент, Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Бурлуцький О.В. – завідувач навчальними лабораторіями кафедри механіки і проектування машин Українського державного університету залізничного транспорту;

Вінниченко В.І. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури;

Войчишин А.В. – магістрант Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Волчок Д.Л. – кандидат технічних наук, доцент Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»;

Габ А.І. – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри сучасної інженерії та нанотехнологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»;

Гамкало Х.В. – магістрант Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Голик А.В. – аспірант кафедри дорожніх машин Національного транспортного університету;

Горбунов М.І. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;

Грищенко І.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Гроховська Ю.Р. – доктор сільськогосподарських наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування;

Дец Н.О. – доцент кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики Одеської національної академії харчових технологій;

Добровольська А.О. – аспірант кафедри геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Дяденчук А.Ф. – провідний фахівець кафедри фізики та методики навчання фізики Бердянського державного педагогічного університету;

Земліна Ю.В. – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Калакура М.М. – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри технології харчування Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»;

Кара І.А. – кандидат технічних наук, асистент кафедри транспортних технологій Національного університету «Львівська політехніка»;

Кирилюк С.В. – кандидат технічних наук, доцент Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Кідалов В.В. – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри, професор кафедри фізики та методики навчання фізики Бердянського державного педагогічного університету;

Ковбасенко С.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри дорожніх машин Національного транспортного університету;

Колобов К.С. – завідувач сектора ДП «Державний атотранспортний науково-дослідний і проектний інститут»;

Кондратюк Н.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Кононцев С.В. – кандидат технічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування;

Корнієць А.В. – аспірант кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова;

Котляр Є.О. – старший викладач кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики Одеської національної академії харчових технологій;

Кравченко С.А. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Крижська Т.А. – кандидат технічних наук, доцент Сумського національного аграрного університету;

Крот О.П. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та інженерної екології Харківського національного університету будівництва та архітектури;

Куркчі К.О. – студент кафедр «Технології міжнародних перевезень і логістики» та «Автомобільний транспорт» Приазовського державного технічного університету;

Кущевська Н.Ф. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри сучасної інженерії та нанотехнологій Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»;

Ланженко Л.О. – асистент кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики Одеської національної академії харчових технологій;

Ліфіренко О.С. – викладач кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури;

Логвіненко О.А. – кандидат технічних наук, доцент доцент кафедри механіки і проектування машин Українського державного університету залізничного транспорту;

Луговська О.А. – асистент кафедри експертизи харчових продуктів Національного університету харчових технологій;

Лямзін А.О. – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»;

Майорова І.М. – доктор економічних наук, професор, професор кафедри технологій міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»;

Малишев В.В. – доктор технічних наук, професор, директор Інженерно-технологічного інституту Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна», провідний науковий співробітник Інституту загальної та неорганічної хімії НАН України;

Менейлюк А.І. – доктор технічних наук, професор Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Нетудихата К.О. – студентка кафедри технології молочних, олійно-жирових продуктів і косметики Одеської національної академії харчових технологій;

Ніколаєнко І.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»;

Паламарчук О.П. – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка Національної академії наук України;

Пасічний В.І. – доктор технічних наук, професор Національного університету харчових технологій;

Петренко В.Г. – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри теоретичної та промислової теплотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Петровський А.Ф. – доктор технічних наук, професор Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Помазков М.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»;

Поросюк О.В. – студентка Національного університету харчових технологій;

Постернак О.О. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Постернак І.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри організації будівництва та охорони праці Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Постернак С.О. – ПП “Композит”, Одеса;

Ройко О.М. – викладач фахових дисциплін циклової випускової комісії «Виробництва та технологій» Волинського коледжу Національного університету харчових технологій;

Романенко Р.П. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету;

Савченко Ю.Г. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри звукотехніки та реєстрації інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Сенатосенко В.А. – старший викладач кафедри «Автомобільний транспорт» Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет»;

Симовинюк В.І. – магістрант кафедри професійної та технологічної освіти і загальної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича;

Сімахіна Г.О. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів Національного університету харчових технологій;

Славін В.В. – кандидат технічних наук, асистент кафедри професійної та технологічної освіти і загальної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича;

Соломаха А.С. – кандидат технічних наук, науковий співробітник кафедри теоретичної та промислової теплотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Ступак В.В. – старший викладач кафедри «Автомобільний транспорт» Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет»;

Тищенко В.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент Сумського національного аграрного університету;

Тогачинська О.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та збалансованого природокористування Національного університету харчових технологій;

Трапезон К.О. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри звукотехніки та реєстрації інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Трофимова Л.Є. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Трубінова А.А. – аспірант Одеської національної академії харчових технологій;

Турчин І.М. – кандидат технічних наук, доцент Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Українська Т.А. – аспірант кафедри технологій міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»;

Український Є. О. – асистент кафедри автомобільного транспорту ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»;

Устименко Є.В. – начальник технічного відділу ТОВ «АвтоГазГлобал»;

Федорова Д.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології і організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету;

Фомін О.В. – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державного економіко-технологічного університету транспорту;

Фоміна А.М. – інженер філії «ПВРЗ» ПАТ «Укрзалізниця»;

Чабанова О.Б. – кандидат технічних наук, доцент Одеської національної академії харчових технологій;

Черкасова В.В. – студентка кафедр «Технології міжнародних перевезень і логістики» та «Автомобільний транспорт» Приазовського державного технічного університету;

Чичулін В.П. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри конструкцій із металу, дерева і пластмас Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка;

Чичуліна К.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри економіки підприємства та управління персоналом Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

Науковий журнал

ВЧЕНІ ЗАПИСКИ
ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО

Серія: Технічні науки

Том 29 (68) № 1 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. 19,16. Ум.-друк. арк. 26,74. Зам. № 0318/22

Підписано до друку 30.03.2018. 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.