

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"

**Вісник Національного
технічного університету
«ХПІ». Серія: Інноваційні
дослідження у наукових
роботах студентів**

№ 1'2021

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

**Bulletin of the National
Technical University
"KhPI". Series:
Innovation researches in
students' scientific work**

No. 1'2021

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

**Харків
НТУ «ХПІ», 2021**

**Kharkiv
NTU "KhPI", 2021**

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Innovation researches in students' scientific work: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». — Харків : НТУ «ХПІ», 2021. — № 1 (1361) 2021. — 96 с. — ISSN 2220-4784 (print), ISSN 2663-8738 (online).

Видання присвячене освітленню наукових та навчальних досягнень в галузі інтегрованих технологій, процесів та апаратів хімічної та харчової інженерії. Публікуються статті, що стосуються розробки технологій комплексного інноваційного навчання і науково-технічного творчості студентів; безперервного розвитку бази фундаментальних і професійних знань, а також організаційних навичок в процесі інноваційного проектування і розробки технологічних об'єктів різного рівня складності.

Для науковців, викладачів вищої школи, аспірантів, студентів і фахівців галузі.

The main purpose is the publication of scientific works of students, lecturers and employees of higher educational establishments, which promotes the development of technologies of innovative teaching and scientific and technical creativity of students; contributes to the continuous development of the audience as a base of fundamental and professional knowledge, as well as organizational skills, in the process of innovative design and development of industrial technological objects of various levels of complexity.

It's a unique opportunity for companies, organizations and researchers to contribute to the advancement and development of up-to-date and progress scientific and technical issues related of Chemical Engineering.

Мова статей – українська, російська, англійська.

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України КВ № 5256

від 2 липня 2001 року.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», включений до зовнішніх інформаційних систем, індексується Google Scholar; зареєстрований у світовому каталозі періодичних видань бази даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

Офіційний сайт видання: <http://vestnik.kpi.kharkov.ua/idnrs>

Редакційна колегія серії

Головний редактор:

Бухкало С.І., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Відповідальний секретар:

Мірошніченко Н.М., доц., НТУ «ХПІ», Україна

Члени редколегії:

Гладкий Ф.Ф., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Демидов І.М., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Арсеньєва О.П., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Подустов М.О., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Горбунов Л.В., доц., НТУ «ХПІ», Україна

Капустенко П.О., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Й. Клемеш, проф., Керівник лабораторії

інтеграції сталого процесу, Вища технічна

техніка у Брно, Чеська Республіка

П. Варбанов, PhD, доц., с.н.с., Лабораторія

інтеграції сталого процесу, Технологічний

університет Брно, Чеська Республіка

П. Стехлик, PhD, проф., технологічний

університет, Брно, Чеська республіка

З. Краванья, проф., лабораторія системотехники и

устойчивого развития, Марибор, Словения

Ф. Фридлер, проф., Католический университет,

лабораторія Heriberto Cabezas, Будапешт, Венгрия

Л. Пуиджанер, профессор, доктор философии,

Политехнический университет Каталонии, кафедра

химического машиностроения, Барселона, Испания

И. Плазл, проф., факультет химии и химической

технологии, Университет Любляны, Любляна, Словения

Лам Хон Лунг, доктор философии (Chem Eng); (I.T.),

Ноттингемский университет, кампус Малайзии, кафедра

химической и экологической инженерии, Малайзия

Консультативна рада

Сокол Є.І., д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України,

НТУ «ХПІ», Україна

Говоров П.П., д-р техн. наук, проф., ХНУМГ ім.

О.М. Бекетова, віце-президент НАН вищої освіти

України «Енергетика та ресурсозбереження»

Кравченко О.В., д-р техн. наук, зав. відділу

нетрадиційних енерготехнологій, Інститут

проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного

НАН України

Editorial staff

Editor-in-chief:

Bukhkalov S.I., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Executive secretary:

Miroshnichenko N.M., as. prof., NTU "KhPI", Ukraine

Editorial staff members:

Gladky F.F., dr. tech. sc., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Demudov I.M., dr. tech. sc., prof., NTU "KPI", Ukraine

Arsenyeva O.P., dr. tech. sc., prof., NTU "KPI", Ukraine

Podustov M.O., dr. tech. sc., prof., NTU "KPI", Ukraine

Gorbunov, L.V., as. Profesor, NTU "KhPI", Ukraine

Kapustenko P.A., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Jiří Jaromír Kleměš, dr. sc., Prof., Head of Sustainable Process

Integration Laboratory, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta

strojního inženýrství, Brno, Czech Republic

Petar Sabev Varbanov, PhD, as. Professor, Senior Researcher,

Sustainable Process Integration Laboratory, Brno University of

Technology, Brno, Czech Republic

Petr Stehlik, dr. sc., Professor of Process Engineering, Director of

Institute of Process and Environmental Engineering at the Faculty of

Mechanical Engineering, University of Technology, Brno, Czech

Republic

Zdravko Kravanja, Professor, PhD., Faculty of Chemistry and

Chemical Engineering, Laboratory for Process Systems Engineering

and Sustainable Development, Maribor, Slovenia

Ferenc Friedler, Professor, PhD., Pázmány Péter Catholic

University, Heriberto Cabezas's Lab, Budapest, Hungary

Luis Puigjaner, Prof., PhD., Universitat Politècnica de Catalunya,

Department of Chemical Engineering, Barcelona, Spain

Igor, Plazl, prof., dr., Faculty of Chemistry and Chemical

Technology, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

Lam, Hon Loong, PhD (Chem Eng); PhD (I.T.), University of

Nottingham, Malaysia Campus, Dept. of Chemical and

Environmental Engineering, Malaysia

Advisory Board

Sokol E.I., dr. tech. sc., member-cor. of National Academy of

Sciences of Ukraine, NTU "KhPI", Ukraine

Govorov P.P., dr. tech. sc., prof., O.M. Beketov National

University of Urban Economy, vice-president of National

Academy of Sciences of higher education of Ukraine

Kravchenko O.V., dr. Head of department of nonconventional

energy technologies Podgorny Institute for Mechanical Engine-

ering's Problems of National Academy of Sciences of Ukraine

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 7 від 2 липня 2021 р.

В. В. ВИСОЧИН, В. Р. НІКУЛЬШИН, А. Є. ДЕНИСОВА, В. О. БУДАРІН**ОСОБЛИВОСТІ ОПРОМІНЕННЯ ДВОСТОРОННІХ ФОТОПАНЕЛЕЙ**

Розроблено метод розрахунку опромінення двосторонніх сонячних фотопанелей. Зокрема, метод дозволяє зробити оцінку опромінення поверхні, що розташовані на тильній стороні панелі, при різній просторовій орієнтації. Система рівнянь, що описують опромінення, включає співвідношення для визначення сонячної радіації на території України для горизонтальної поверхні й коефіцієнти перерахунку опромінення з горизонтальної на похилу поверхню з урахуванням особливостей їхньої просторової орієнтації при прямому опроміненні й опроміненні відбитим розсіяним світлом. Проведено аналітичні дослідження інтенсивності опромінення сонячних панелей для умов, які відрізняються азимутальною спрямованістю й кутом нахилу. Показані особливості опромінення передньої й тильної сторін сонячних панелей. Розглянуті можливості формування раціональних умов просторової орієнтації панелей за фактором двостороннього опромінення. У якості характерних розрахункових розглянуті напрямки панелі по осях "південь-північ" і "схід-захід". Кути нахилу, прийняті для аналізу (90 і 45°), дозволяють зробити оцінку опромінення панелі в найбільш використовуваному діапазоні реальних умов експлуатації. Зі зменшенням кута нахилу, починаючи від рівня 90°, сумарне опромінення панелі зростає. Однак вертикальне розташування (90°) може диктуватися умовами її застосування, наприклад, для огорожі або облицювання фасаду. Показано особливості опромінення передньої й задньої частин сонячних панелей і запропоновані раціональні умови просторової орієнтації панелей. Найбільший ефект від двостороннього опромінення сонячної панелі може бути отриманий при орієнтації "схід-захід". Разом з тим для всіх орієнтацій застосування двосторонньої фотопанелі є позитивним. Найбільший вплив на опромінення панелі кут нахилу має при орієнтації "південь-північ", при орієнтації "схід-захід" залежність від величини кута практично не істотна. Використання запропонованої методики й результатів аналізу, проведених на її основі, дозволяє вибрати раціональну архітектуру сонячної електростанції.

Ключові слова: двосторонні сонячні фотопанелі, опромінення панелей.

Вступ. Останнім часом з'являються двосторонні сонячні модулі для генерації електричного струму [1, с. 342; 2, с. 362]. Двосторонні сонячні елементи виготовляються з фотоелементів, які поглинають сонячне випромінювання як з лицьового, так і з тильної сторони. При цьому потужність тильної сторони може досягати 70% щодо лицьової. У певних випадках такі панелі дозволяють отримати надбавку до вироблення електроенергії від 10 до 50 відсотків в порівнянні традиційними односторонніми сонячними батареями. Вважається, що завдяки новому двосторонньому сонячному модулю виробництво електроенергії в майбутньому може стати більш ефективним.

Аналіз стану питання. Слід зазначити, що впливу орієнтації щодо сонячного випромінювання приділяється достатня увага не тільки в фотовольтажних установках [3, с. 259; 4, с. 27; 5, с. 345], але і в іншому устаткуванні, що використовує сонячне випромінювання. Наприклад, [6, с. 282; 7, с. 753; 8, с. 110] в сонячних колекторах, [9, с. 417; 10, с. 172] системах охолодження, [11, с. 136] сонячних ставках тощо. Додаткову енергію фотоелектричної системи, яку можна отримати при використанні двосторонніх модулів залежить від кількості випромінювання, що потрапляє на тильну сторону батареї. Використання двосторонніх модулів вигідно там, де тильна сторона теж доступна для сонячного світла, або безпосередньо, або за допомогою розсіяного відображення. Області застосування: паркани, бар'єри та інші вертикальні конструкції. Основною перевагою вертикальних двосторонніх панелей є можливість опромінення прямий радіацією обох сторін панелей, проте в різний час дня.

Найважливішим фактором впровадження таких конструкцій є можливість досягнення високої опромінення як однієї, так і іншої сторони. Для односторонніх панелей вигідною орієнтацією є південна з кутом нахилу, величина якого досить добре обгрунтована.

У разі двосторонніх панелей думки дослідників щодо оптимальної орієнтації розходяться: одні рекомендують установку панелі по осі «північ-південь» [12, с. 48], інші – по осі «схід-захід» [13, с. 141]. Причому на вибір орієнтації впливають одночасно не тільки опромінення, але і ряд інших чинників.

Ситуація, що склалася вимагає проведення спеціальних досліджень для обгрунтування способу установки двосторонніх панелей.

При дослідженні режимів роботи сонячних перетворювачів використовують емпіричні дані і дані аналітичних модельних досліджень [14, с. 47; 15, с. 338]. Аналітичні моделі, як найбільш привабливі для досліджень, розрізняються способом і детальністю математичного опису процесів, які протікають в сполучених і суттєво змінних умовах. Отримання необхідної інформації безпосередньо залежить від повноти та адекватності опису.

Розробку необхідного математичного опису стримує та обставина, що не опрацьований спосіб оцінки опромінення поверхонь, що знаходяться в затіненій зоні панелі.

Мета. Розробка інтегрованої математичної моделі для визначення раціональних режимів роботи двостороннього сонячного колектора в різних умовах експлуатації.

© Височин В.В., Нікульшин В.Р., Денисова А.Є., Бударін В.О., 2021

Метод дослідження. Орієнтація по осі «північ-південь» (S-N) реалізується, коли нормаль до передньої (аверсного) поверхні сонячної панелі (СП) спрямована на південь з азимутом 0 градусів. Орієнтація «схід-захід» (E-W) передбачає направлення нормалі аверсного поверхні на схід.

Для аналітичного опису опромінення поверхні можна застосувати метод, запропонований в [16, с. 126,] для умов України. Середньодобова сонячна радіація на горизонтальну поверхню, що включає пряму і дифузну складові, визначається наступним виразом

Системи теплолокалізації захищають відкриті отвори будівель штучно сформованим повітряним струменем, який спрямовують поперек проникаючого крізь двері і ворота зовнішнього холодного потоку повітря.

$$H_{h.day} = A + B \cdot \cos \left[\frac{2\pi(n-180)}{365} \right],$$

де $A = 37,71 - 0,5289\varphi$; $B = 20,0 - 0,2013\varphi$,
 φ – географічна широта місцевості, град;
 n – порядковий номер дня року.

Для ясного дня можна отримати миттєву щільність потоку радіації на горизонтальну поверхню, приймаючи синусоїдальний закон зміни функції протягом світлового дня [16, с. 126]

$$H_h = \frac{520 \cdot H_{h.day}}{N} \sin \left(\frac{\pi \cdot (t - 12,27 + 0,52N)}{N} \right),$$

де N – тривалість світлового дня; t – заданий час.

Відношення потоку прямої сонячної радіації, яка надходить по нормалі на похилу поверхню, до потоку радіації, яка надходить на горизонтальну поверхню, [17, с. 224]

$$R = \left(1 - \frac{H_d}{H_h} \right) R_b + \frac{H_d}{H_h} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \frac{(1 - \cos \beta)}{2} \rho,$$

де H_d – прихід дифузійної радіації; R_b – відношення приходів прямої сонячної радіації на похилу й горизонтальну поверхні; ρ – відбивна здатність землі.

Ця залежність може бути застосована для поверхні, що знаходиться на південній стороні. Вона враховує пряму сонячну радіацію (перший член), розсіяну в атмосфері (другий член, який показує, яка частина небосхилу видно з поверхні) і відбиту від поверхні землі (третій член, який показує частку відбитої сумарної радіації).

Дифузну складову H_d можна визначити за методикою викладеною в [18, с. 53].

Ставлення надходження прямої сонячної радіації на нахилу і горизонтальну поверхні [17]

$$R_b = \frac{\cos(\theta)}{\cos(\theta_z)},$$

де θ – кут падіння прямого сонячного випромінювання; θ_z – зенітний кут падіння променя на майданчик.

Для тильної сторони приймача, орієнтованого по осі «північ-південь» пряма складова відсутня. Сектор небосхилу дифузного випромінювання, який бачимо з поверхні, відповідає ракурсу

$$1 - \frac{1 + \cos \beta}{2} = \frac{1 - \cos \beta}{2}.$$

Відповідно, для тильної сторони ракурс сприйняття відбитого від землі дифузного випромінювання визначається так

$$1 - \frac{1 - \cos \beta}{2} = \frac{1 + \cos \beta}{2}.$$

Складова відбитого випромінювання для зворотного боку не включає пряме випромінювання.

Таким чином, для тильної сторони відношення потоків радіації визначиться у вигляді

$$R_r = \frac{H_d}{H_h} \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} + \frac{1 + \cos \beta}{2} \rho \right).$$

Для поверхонь, орієнтованих по осі «схід-захід» метод розрахунку той же, однак для орієнтації «на схід» кут азимута = + 90; «На захід» = -90. Пряма складова для заднього боку з'являється після полуденного часу при зенітному куті $\theta_z \geq 90 - \beta$.

Результати досліджень. Дані аналізу інтенсивності потоку випромінювання на аверсну і реверсну поверхні фотопанелі при орієнтації "S-N" в літній період (7 місяць) показані на рис. 1.

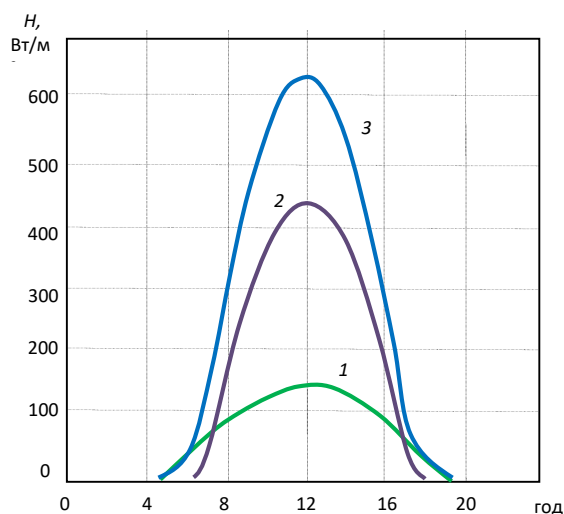


Рис. 1. Густина потоку випромінювання, падаючого на СП при орієнтації «S-N», орієнтація сторін: 1 – північна; 2 – південна; 3 – сумарна

Кут нахилу поверхні 90 град. Коефіцієнт відображення землі прийнятий рівним 0,2 [17]. При такій орієнтації пряма складова сонячного випромінювання потрапляє тільки на аверсну поверхню. Тому зворотна сторона, як впливає з отриманих даних, отримує приблизно третю частину від потоку на передній панелі. Однак сумарна радіація в порівнянні з односторонньою опромінення в цілому значна.

Показанні закономірності відрізняються практично симетричним характером з максимумом в полудень (12 годин).

При орієнтації аверсного боку строго на схід (рис. 2) опромінення різко зростає на початку дня – з 4 до 5 годин, а потім з меншим темпом знижується. Картина зміни опромінення для східної і західної сторін дзеркальна щодо полуденного часу.

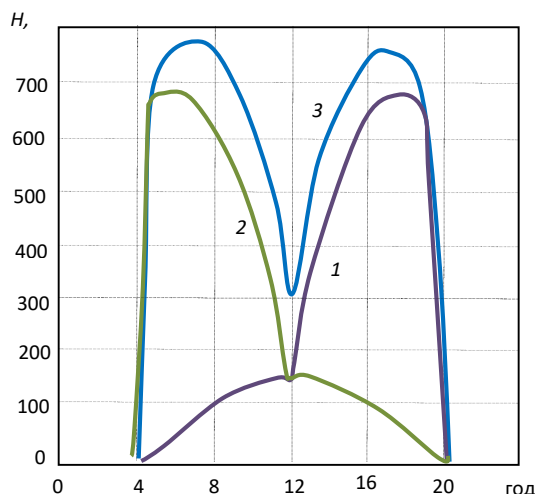


Рис. 2. Густина потоку випромінювання, падаючого на СП при орієнтації «E-W»; нахил 90°, орієнтація сторін: 1 – західна; 2 – східна; 3 – сумарне опромінення

У першій половині дня превалює інтенсивність випромінювання на аверсній панелі, в другій – на реверсній. Пряме випромінювання потрапляє на обидві сторони.

Сумарне опромінення, на відміну від того, що падає на кожен бок, виявляється більшою мірою згладженим, хоча і зі спадом в полуденний час.

При порівнянні з орієнтацією «S-N» максимальне значення опромінення в цьому варіанті для літнього періоду менше, ніж при орієнтації «E-W». Додаткові дані, представлені на рис. 3 і рис. 4 (нахил 45 градусів), дозволяють говорити про вплив кута нахилу.

При орієнтації «S-N» (рис. 3) закономірності зміни опромінення схожі для кутів нахилу 90 і 45 градусів, однак максимальне значення функції в останньому випадку більше, при тому, що інтенсивність опромінення задньої панелі менше.

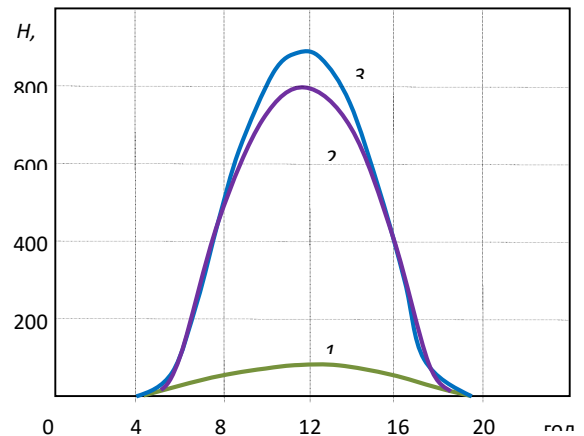


Рис. 3. Густина потоку випромінювання, падаючого на СП при орієнтації «S-N», спрямованість сторін: 1 – північна; 2 – південна; 3 – сумарна

Для орієнтації «E-W» (рис. 4) при досить великій схожості закономірностей опромінення з вертикальною панеллю проявляється характерна особливість. У післяполудневі години зворотна сторона нахиленої панелі деякий час «не бачить» пряме сонце, тому загальне опромінення її в цей період менше. Опромінення зростає, коли зенітний кут досягає значення $\theta_z = 90 - \beta$.

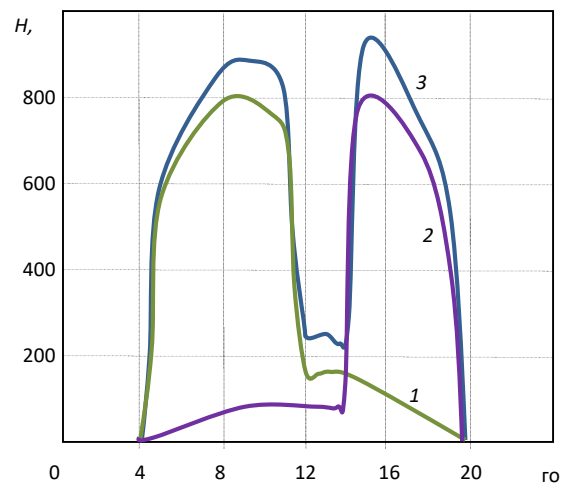


Рис. 4. Густина потоку випромінювання, падаючого на СП при орієнтації «E-W», спрямованість сторін: 1 – східна; 2 – західна; 3 – сумарна

Для вертикальної панелі такий перехід відбувається практично непомітно. При зіставленні інтегральних даних за денною опромінення в розгортці року (рис. 5) видно, що орієнтація «E-W» незалежно від кута нахилу протягом більшості місяців року (з 3 по 10) виявляється більш привабливою, ніж «S-N».

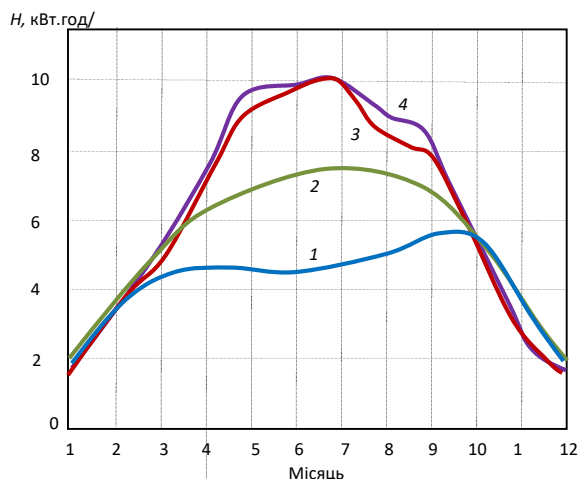


Рис. 5. Вплив орієнтації і кута нахилу СП на денну кількість сонячного опромінення в розгортці року:
1 – «S-N» 90°; 2 – «S-N», 45°; 3 – «E-W», 90°; 4 – «E-W», 45°

Разом з тим треба відзначити, що в періоди, які охоплюють з 1 по 3 місяць і з 10 по 12, рівні опромінення панелі стають близькі для всіх орієнтацій і кутів нахилу.

Сумарна річна кількість сонячного опромінення, що падає на панель з орієнтацією «E-W» при куті нахилу 45°, становить 2264 Втгод/(м²·рік), а з орієнтацією «S-N» – 1975 Втгод/(м²·рік).

Список використаних джерел

1. Двухсторонние солнечные батареи на 30% увеличат КПД / ЭкоТехника <http://ecotechnica.com.ua/energy/solntse>, 2017.
2. Двухсторонние солнечные батареи LONGi Solar серии Hi-MO2 на 72 элемента достигают 360–365 Вт / SUNNIK. <https://www.pv-tech.org/products/longi-solar-hi-mo2-bifacial-mono-perc-module-reaches-360-365w-in-72-cell-co>, 2017.
3. Yunus Emre Yuksel. Energy and exergy analysis of renewable energy sources-based integrated system for multi-generation application. / Yunus Emre Yuksel, Murat Ozturk. // Int. J. of Exergy 2017 – Vol. 22, N.3 PP. 250–278.
4. Mingjiang Ni. Thermodynamic analysis of a gas turbine cycle combined with fuel reforming for solar thermal power generation. / Mingjiang Ni, Tianfeng Yang, Gang Xiao, Dong Ni, Kefa Cen. // Energy, Vol. 137, 2017, PP. 20–30.
5. Dianhong Li. Exergy and energy analysis of photovoltaic-thermoelectric hybrid systems. / Dianhong Li, Yimin Xuan, Qiang Li, Hui Hong. // Energy, Vol. 126, 2017, PP. 343–351.
6. Arsham Mortazavi. Conventional and advanced exergy analysis of solar flat plate air collectors. / Arsham Mortazavi, Mehran Ameri // Energy, Vol. 142, 2018, PP. 277–288.
7. R. Loni. Thermodynamic analysis of a solar dish receiver using different nanofluids. / R. Loni, E. Askari Asli-ardeh, B. Ghobadian, A.B. Kasaeian, Sh. Gorjian. // Energy, Vol. 133, 2017, PP. 749–760.
8. Reyhaneh Loni. Exergy analysis of a solar organic Rankine cycle with square prismatic cavity receiver. / Reyhaneh Loni, Alibakhsh Kasaeian, Omid Mahian, Ahmet Z. Sahin, Somchai Wongwises. // Int. J. of Exergy 2017 – Vol. 22, N.2 PP. 103–124.

Для тих же орієнтацій, але при куті нахилу 90° отримано відповідно наступні характеристики: 2175 Втгод/(м²·рік) (менше на 4%) і 1566 Втгод/(м²·рік) (менше на 26%).

З отриманих даних видно, що для орієнтації «E-W» залежність від кута нахилу невелика і його вибір може диктуватися іншими умовами, ніж опромінення.

При орієнтації «S-N» опромінення вже є визначальною.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розробок у цьому напрямку. В результаті аналізу узагальнених результатів експериментальних досліджень можна визначити наступні характеристики системи.

1. Найбільший ефект від опромінення двосторонньої сонячної панелі може бути отриманий при орієнтації «E-W».

2. Для всіх орієнтацій застосування двосторонньої фотопанелі є позитивним.

3. Зі зменшенням кута нахилу, починаючи від рівня 90°, сумарне опромінення панелі зростає. Однак вертикальне розташування (90°) може диктуватися умовами її застосування, наприклад для огорожі або облицювання фасаду.

4. Найбільший вплив на опромінення панелі кут нахилу має при орієнтації «S-N», при орієнтації «E-W» залежність від величини кута практично не суттєва.

9. Rabah Touaibi. Parametric study and exergy analysis of solar water-lithium bromide absorption cooling system. / Rabah Touaibi, Michel Feidt, Elena Eugenia Vasilescu, Miloud Tahar Abbas. // Int. J. of Exergy, 2013, – Vol. 13, N.3 PP. 409–429.
10. H.Z. Hassan. Thermodynamic analysis and theoretical study of a continuous operation solar-powered adsorption refrigeration system. / H.Z. Hassan, A.A. Mohamad. // Energy, Vol. 61, 2013, PP. 167–178.
11. K.R. Ranjan. Energy and exergy analyses of solar ponds in the Indian climatic conditions. / K.R. Ranjan, S.C. Kaushik, N.L. Panwar. // Int. J. of Exergy, 2014, – Vol. 15, №2, pp. 121–151.
12. Двухсторонние солнечные батареи: технология и преимущества. / <https://tridentenergy.ua>, 2019.
13. ЕлектроВести – Двухсторонние солнечные панели: <https://elektrovesti.net>, 2017.
14. Харченко В.В., Никитин Б.А., Беленов А.Т., Тихонов П.В. Повышение эффективности энергетических установок на базе тепловых фотоэлектрических модулей. *Наук. вісник НУБІП України*. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2014. № 194. Ч. 3. с. 45-51.
15. Сабирзянов, Т.Г., Кубкин М.В., Солдатенко В.П. Математическая модель фотобатареи как источника электрической энергии. *Техніка в сільськогосподарському виробництві*. 2012. Вип.25. Ч.1. С. 331–335.
16. Высочин, В.В. Математическая модель гелиосистемы с сезонным аккумулятором тепла *Пр. Одес. політех. ун-ту*. 2011. Вип. 2(36). С.125–129.
17. Даффи Дж.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж.А.Даффи, У.А.Бекман. – М.: Мир, 1977, 420 с.

18. Бекман У. Расчет систем солнечного теплоснабжения / У. Бекман, С.Клейн, Дж.Даффи / М.:Энергиздат, 1982, 80 с.
19. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Денисова А.С. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи): Підр. К.: ЦНЛ, 2016. – 470 с.

References (transliterated)

1. Dvuhstoronnie solnechnye batarei na 30% uvelichat KPD / JekoTehnika [Double-sided solar panels will increase efficiency by 30%] <http://ecotechnica.com.ua/energy/solntse>, 2017.
2. Dvuhstoronnie solnechnye batarei LONGi Solar serii Hi-MO2 na 72 jelementa dostigajut 360 - 365 Vt/ SUNNIK [Double-sided solar panels LONGi Solar Hi-MO2 series for 72 cells reach 360–365 W] <https://www.pv-tech.org/products/longi-solar-hi-mo2-bifacial-mono-perc-module-reaches-360-365w-in-72-cell-co>, 2017.
3. Yunus Emre Yuksel. Energy and exergy analysis of renewable energy sources-based integrated system for multi-generation application. /Yunus Emre Yuksel, Murat Ozturk. // Int. J. of Exergy 2017 – Vol. 22, N.3 PP. 250–278.
4. Mingjiang Ni. Thermodynamic analysis of a gas turbine cycle combined with fuel reforming for solar thermal power generation. / Mingjiang Ni, Tianfeng Yang, Gang Xiao, Dong Ni, Kefa Cen. // Energy, Vol. 137, 2017, PP. 20–30.
5. Dianhong Li. Exergy and energy analysis of photovoltaic-thermoelectric hybrid systems. / Dianhong Li, Yimin Xuan, Qiang Li, Hui Hong. // Energy, Vol. 126, 2017, PP. 343–351.
6. Arsham Mortazavi. Conventional and advanced exergy analysis of solar flat plate air collectors. /Arsham Mortazavi, Mehran Ameri // Energy, Vol. 142, 2018, PP. 277–288.
7. R. Loni. Thermodynamic analysis of a solar dish receiver using different nanofluids. / R. Loni, E. Askari Asli-ardeh, B. Ghobadian, A.B. Kasaeian, Sh. Gorjian. // Energy, Vol. 133, 2017, PP. 749–760.
8. Reyhaneh Loni. Exergy analysis of a solar organic Rankine cycle with square prismatic cavity receiver / Reyhaneh Loni, Alibakhsh Kasaeian, Omid Mahian, Ahmet Z. Sahin, Somchai Wongwises // Int. J. of Exergy 2017. Vol. 22, No. 2, pp. 103–124.
9. Rabah Touaibi. Parametric study and exergy analysis of solar water-lithium bromide absorption cooling system. / Rabah

Touaibi, Michel Feidt, Elena Eugenia Vasilescu, Miloud Tahar Abbes. // Int. J. of Exergy, 2013, – Vol. 13, N.3 PP. 409–429.
10. H.Z. Hassan. Thermodynamic analysis and theoretical study of a continuous operation solar-powered adsorption refrigeration system. / H.Z. Hassan, A.A. Mohamad. // Energy, Vol. 61, 2013, PP. 167–178.
11. K.R. Ranjan. Energy and exergy analyses of solar ponds in the Indian climatic conditions /K.R. Ranjan, S.C. Kaushik, N.L. Panwar. // Int. J. of Exergy, 2014, – Vol. 15, N.2. PP. 121–151.
12. Dvuhstoronnie solnechnye batarei: tehnologija i preimushhestva [Double-sided solar panels: technology and advantages] <https://tridentenergy.ua>, 2019.
13. JelektroVesti – Dvuhstoronnie solnechnye paneli [Double-sided solar panels] <https://elektrovesti.net>, 2017.
14. Harchenko V.V., Nikitin B.A., Belenov A.T., Tihonov P.V. Povyshenie jeffektivnosti jenergeticheskikh ustanovok na baze teplovyh fotoelektricheskikh modulej. . [Improving the efficiency of power plants based on thermal photovoltaic modules.] Nauk. visnyk NUBIP Ukrainy. Serija: Tehnika ta energetyka APK. 2014. № 194. Vol.3. PP. 45-51.
15. Sabirzjanov, T.G., Kubkin M.V., Soldatenko V.P. Matematicheskaja model' fotobatarei kak istochnika jelektricheskoi jenergii. [Mathematical model of a photo battery as a source of electrical energy]. Tehnika v sil'skogospodars'komu vyrobnyctvi. 2012. Vol.25. Ch.1. PP. 331–335.
16. Vysochin, V.V. Matematicheskaja model' geliosistemi s sezonnym akkumuljatorom tepla. [Mathematical model of a solar system with a seasonal heat accumulator]. Pr. Odes.politehn. un–tu. 2011. Vol. 2(36), pp.125 – 129.
17. Daffi Dzh.A. Teplovyje processy s ispol'zovaniem solnechnoi jenergii [Thermal processes using solar energy]. / Dzh.A.Daffi, U.A.Bekman. – M.: Mir, 1977, 420 p.
18. Bekman U. Raschet sistem solnechnogo teplosnabzhenija. [Calculation of solar heat supply systems]. / U. Bekman, S. Klejn, Dzh. Daffi / M.:Jenergizdat, 1982, 80 p.
19. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Denisova A.C. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi): Pidr. – K.: CNL, 2016. – 470 p.

Надійшла (received) 19.05.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Височин Віктор Васильович (Высочин Виктор Васильевич, Wysochin Viktor Vasylovych) – кандидат технічних наук, доцент, Одеський національний політехнічний університет, доцент кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, м. Одеса, Україна;

ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2279-203X>;

e-mail: vvwin.od@gmail.com

Нікульшин Володимир Русланович (Никольшин Владимир Русланович, Nikulshin Volodymyr Ruslanovych) – доктор технічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет, завідувач кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики; м. Одеса, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5946-8562>;

e-mail: vnikul@paco.net

Денисова Алла Євсїєвна (Денисова Алла Евсеевна, Denysova Alla Evsiivna) – доктор технічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет, директор Українсько-польського інституту; м. Одеса, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3906-3960>;

e-mail: alladenysova@gmail.com

Бударин Віталій Олександрович (Бударин Виталий Александрович, Budarin Vitalii Oleksandrovych) – кандидат технічних наук, доцент, Одеський національний політехнічний університет, доцент кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, м. Одеса, Україна;

ORCID <http://orcid.org/0000-0003-4841-2189>;

e-mail: vit.bsci@gmail.com

В. В. ВЫСОЧИН, В. Р. НИКУЛЬШИН, А. Е. ДЕНИСОВА, В. А. БУДАРИН

ОСОБЕННОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ ДВУХСТОРОННИХ ФОТОПАНЕЛЕЙ

Разработан метод расчета облучаемости двухсторонних солнечных фотопанелей. В частности, метод позволяет произвести оценку облучаемости находящихся на тыльной стороне панели поверхности при различной пространственной ориентации. Система уравнений, описывающих облучаемость, включает соотношения для определения солнечной радиации на территории Украины для горизонтальной поверхности и коэффициенты пересчета облучаемости с горизонтальной на наклонную поверхность с учетом особенностей их пространственной ориентации при прямом облучении и облучении отраженным рассеянным светом. Проведены аналитические исследования интенсивности облучения солнечных панелей для условий, которые отличаются азимутальной направленностью и углом наклона. Показаны особенности облучения передней и тыльной сторон солнечных панелей. Рассмотрены возможности формирования рациональных условий пространственной ориентации панелей по фактору двухсторонней облучаемости. В качестве характерных расчетных рассмотрены направления панели по осям «юг-север» и «восток-запад». Углы наклона, принятые для анализа (90 и 45 градусов), позволяют произвести оценку облучаемости панели в наиболее используемом диапазоне реальных условий эксплуатации. С уменьшением угла наклона, начиная от уровня 90°, суммарное облучение панели растет. Однако вертикальное положение (90 °) может диктоваться условиями ее применения, например, для ограждения или облицовки фасада. Показаны особенности облучения передней и задней частей солнечных панелей и предложены рациональные условия пространственной ориентации панелей. Наибольший эффект от двухсторонней облученности солнечной панели может быть получен при ориентации «восток-запад». Вместе с тем для всех ориентаций применение двухсторонней фотопанели является положительным. Наибольшее влияние на облученность панели угол наклона оказывает при ориентации «юг-север», при ориентации «восток-запад» зависимость от величины угла практически не существенна. Использование предложенной методики и результатов анализа, проведенных на ее основе, позволяет выбрать рациональную архитектуру солнечной электростанции.

Ключевые слова: двухсторонние солнечные фотопанели, облучаемость панелей.

V. V. WYSOCHIN, V. R. NIKULSHIN, A. E. DENYSOVA, V. O. BUDARIN

FEATURES OF PHOTO PANELS BILATERAL IRRADIATION

A method for calculating the irradiance of double-sided solar photo panels has been developed. In particular, the method makes it possible to assess the irradiation of the surfaces on the back side of the panel at different spatial orientations. The system of equations describing the irradiation includes ratios for determining solar radiation on the territory of Ukraine for a horizontal surface and the coefficients for recalculating irradiation from a horizontal to an inclined surface, taking into account the peculiarities of their spatial orientation under direct irradiation and irradiation with reflected scattered light. Analytical studies of the irradiation intensity of solar panels have been carried out for conditions that differ in azimuthal direction and angle of inclination. The features of the irradiation of the front and back sides of solar panels are shown. The possibilities of forming rational conditions for the spatial orientation of panels by the factor of two-sided irradiation are considered. The directions of the panel along the "south-north" and "east-west" axes are considered as characteristic calculated ones. The angles of inclination adopted for the analysis (90 and 45 degrees) allow assessing the irradiance of the panel in the most used range of real operating conditions. With a decrease in the angle of inclination, starting from the level of 90 °, the total irradiation of the panel increases. However, the vertical position (90°) can be dictated by the conditions of its application, for example, for a fence or facade cladding. The features of the irradiation of the front and rear parts of solar panels are shown and rational conditions for the spatial orientation of the panels are proposed. The greatest effect of the two-sided irradiation of the solar panel can be obtained with the "east-west" orientation. At the same time, for all orientations, the use of a double-sided photo panel is positive. The angle of inclination has the greatest influence on the irradiance of the panel when the orientation is "south-north", with the orientation "east-west" the dependence on the value of the angle is practically insignificant. The use of the proposed method and the results of the analysis carried out on its basis makes it possible to choose a rational architecture of a solar power plant. References 18, figures 5.

Key words: Two-sided solar photopanel, irradiance panels.

П. П. ГОВОРОВ, С. І. БУХКАЛО, А. К. КІНДІНОВА, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО

ІЄРАРХІЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СВІЛОТЕХНІКИ НА ШЛЯХУ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙ У ВИРОБНИЦТВАХ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У матеріалах статті розглядається можливість застосування технології знезараження питної води, яка заснована на використанні світлодіодних джерел світла для генерації ультрафіолетового випромінювання. Розроблено та досліджено деякі теоретичні і експериментальні моделі знезараження води з урахуванням проведеного аналізу літературних джерел інформації. Розглянуто актуальність питань енергозбереження та безпеки в сучасному світі харчових технологій. Визначено напрямки оптимізації та підвищення енергоефективності систем з конкретизацією типових заходів виробництва. Описано алгоритм інтенсифікації розвитку ринку – харчової і енергоекономічної технологій із застосуванням світлодіодних ламп. Запропоновано структуру системи знезараження води, методику і алгоритм розрахунку светораспределения світлодіодних джерел світла, які забезпечують ефективне використання електричної енергії на знезараження води з урахуванням умов проведення різновидів виробництв харчової технології. Розвиток і застосування цієї технології в системі очищення води описані як можливості дослідження технологія знезараження сировинної та питної води – сировини та продукту, засновані на використанні світлодіодних джерел світла для генерації ультрафіолетового випромінювання під час пандемії.

Ключові слова: ультрафіолетове випромінювання, світлодіодні джерела світла, бактерицидна установка, алгоритм

Вступ. Головні критерії щодо якості питної води в цілому у загальному вигляді були визначені у середині двадцятого століття і полягають у наступному: 1) питна вода повинна бути безпечною у епідемічну відношенні; 2) бути нешкідливою за хімічним складом відповідно з нормативно-технічною документацією (НТД) для різновидів її споживання у якості сировини або продукту; 3) мати задовільні органолептичні властивості. При оцінці ризику питної води для здоров'я населення найбільше значення мають характеристики мікробіологічного забруднення. Вважається, що небезпека захворювань від мікробіологічних забруднень води в кілька тисяч разів вища, ніж при забрудненні води хімічними сполуками різної природи. В свою чергу, це означає, що питна вода, яка призначена для споживання населенням, насамперед, повинна бути надійно знезаражена.

Пошук інноваційних технологій світлотехніки та вдосконалення існуючих технологій знезараження оточуючого середовища є актуальною проблемою сучасності, особливо з огляду на розвиток, стан та наслідки пандемії Covid-19. Дослідження технологій та процесів знезараження з метою визначення вимог до бактерицидних установок на основі ультрафіолетових світлодіодних джерел світла у різновидах виробництв харчової технології, особливо для умов Covid-19, досі не проводилось. Такі дослідження, насамперед, стосуються класифікації-ідентифікації загальних технологій світлотехнічних та електротехнічних, а також розрахунків бактерицидних установок на основі світлодіодних джерел світла з урахуванням умов проведення різновидів виробництв харчової технології.

Подальша відсутність вищевказаного наукового дослідження стримує впровадження бактерицидних установок на основі світлодіодних джерел світла в діючі системи знезараження і обумовлює їх низьку ефективність з урахуванням збільшення вартості

електроенергії; введення європейських стандартів до світлотехнічного обладнання; стимулювання переходу на енергозберігаючі технології та інших показників. Означене вище вимагає проведення досліджень по створенню науково-методичних основ розрахунку бактерицидних установок на основі світлодіодних джерел світла та визначенню вимог і параметрів цих установок з метою подолання наслідків пандемії Covid-19 та бути готовими до розвитку інших пандемій.

Мета дослідження. Загальні питання технології за темою можна визначити алгоритмом дії:

- 1) Вибір методу знезараження питної води – сировини та продукту харчової технології.
- 2) Класифікація-ідентифікація факторів та характеристик, що впливають на ефективність обраного методу знезараження.
- 3) Порівняльна характеристика технології та методів знезараження питної води.
- 4) Вибір та розрахунки оптимальних параметрів системи знезараження;
- 5) Визначення у воді завислих речовин та низької світлової віддачі ламп як параметрів, що знижують ефективність процесу знезаражування.
- 6) Вибір сучасних конструкцій установок в місцях що мають дуже високу бактеріальну забрудненість [1–6].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Властивостями води і її якістю, наприклад, визначаються технології різних видів напоїв, їхні органолептичні показники і стійкість при зберіганні, а також мікробіологічні, паразитологічні показники і хімічний склад питної води, що надходить з централізованих джерел водопостачання і повинна відповідати НТД.

© Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Земелько М.Л., 2021

На сьогоднішній день джерела УФ-променів у бактерицидних установках побудовані на основі використання газорозрядних ртутно-аргонових або ртутно-кварцових ламп (що можна визначити як вагомий недолік знезаражування води), в яких у процесі електричного розряду генерується УФ-випромінювання бактерицидного діапазону. Вони встановлюються у кварцовому чохла в місці, що найбільш наближене до джерела забруднення.

Якщо процеси знезаражування відбуваються шляхом безпосереднього впливу УФ-променів на мікроорганізми:

1) за цих умов наявність у просторі шкідливих речовин призводить до поглинання світлового випромінювання, що знижує ефективність знезаражування;

2) при цьому необхідним процесом є постійне чищення зовнішньої поверхні кварцового чохла від осаду, що накопичується, а також обумовлює відносно високі витрати електроенергії;

3) конструкція таких бактерицидних установок дозволяє здійснювати очистку тільки в місцях що мають дуже високу бактеріальну забрудненість, але на жаль в таких бактерицидних установках спостерігається відсутність ефекту післядії, що є неприйнятним.

У зв'язку з цим установки для знезараження середовища на основі бактерицидних ламп являються малоефективними, хоча досить привабливими взагалі. Тому пошук нових та вдосконалення існуючих технологій знезараження оточуючого середовища є актуальною проблемою великої ваги, особливо з огляду на перебіг пандемії Covid-19.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз публікацій, присвячених моделюванню світлового простору за допомогою світлодіодних джерел світла і опису методики розрахунку світлорозподілу джерел світла і світлових приладів (СП) на їх основі показав, що в основному публікації

присвячені опису світлодіодних джерел світла стосовно умов конкретного завдання, що не дає можливості застосування розроблених моделей для будь-якого світлорозподілу типу джерел світла.

Технологія ультрафіолетового опромінення застосовується досить широко (рис. 1, <https://svet.com.ua/files/files/5306204/00rinoknpi2015>). Ультрафіолет може бути нездоланим бар'єром по відношенню до всіх відомих мікроорганізмів, особливо він дуже ефективний проти мікроорганізмів стійких до впливу хімічних препаратів. Однак, для того, щоб УФ обладнання реально справлялось з поставленими завданнями необхідно забезпечити потрібний діапазон випромінювання і правильно обрати потужність бактерицидного випромінювання, щоб забезпечити необхідний ефект знезараження. Зокрема, для знезараження побутових і міських середовищ, повинна застосовуватися УФ доза не менше 30 мДж/см². Але на практиці матриця середовища настільки унікальна, що даної дози може бути як більш ніж достатньо, так і не достатньо зовсім. У залежності від джерел водопостачання, складу і якості питної води, яку використовують для технологічних потреб безалкогольного виробництва, піддається обробці по досить різноманітних технологічних схемах, що передбачає відстоювання, коагуляцію, знезалізування, зм'якшення, зниження кольоровості, знезаражування, фільтрування, деаерування й охолодження (рис. 2, рис. 3) [7–12].

При надходженні питної води на підприємство з централізованих систем водопостачання перші дві стадії технологічної схеми обробки води виключаються. Питна вода, що надходить на заводи безалкогольних напоїв з нецентралізованих систем питного водопостачання, у тому числі з індивідуальних артезіанських свердловин, рік, відкритих водоймищ і т. ін., повинна піддаватися освітленню методом відстоювання і коагуляції з наступним фільтруванням.

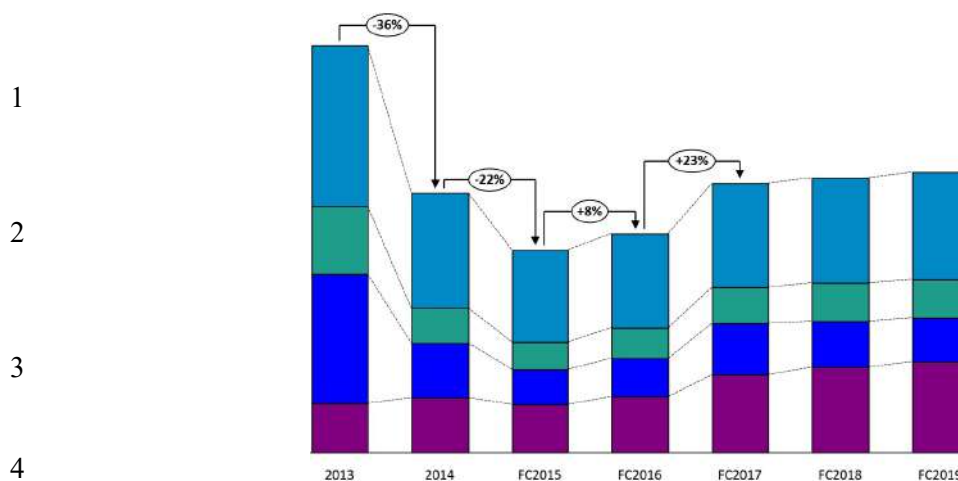


Рис. 1 – Розвиток ринку світлотехніки в Україні: 1 – споживчі світильники; 2 – професійні світильники; 3 – лампи; 4 – світлодіодні лампи

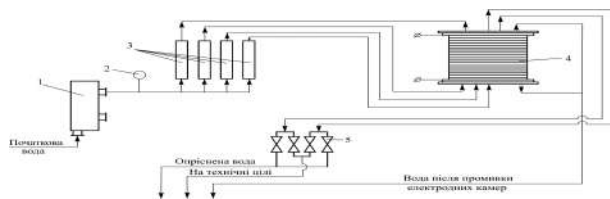


Рис. 2 – Приклад з технології підготовки води електродіалізним способом

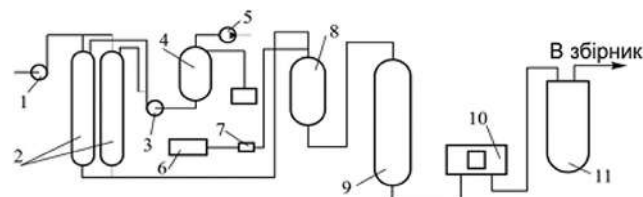


Рис. 3 – Приклад з технології підготовки води іонообмінним способом

Результати дослідження за класифікацією-ідентифікацією процесів та алгоритмами взаємодії.

Харчова промисловість України при підготовці до реалізації різновидів питної води дотримується Державних санітарних норм ДСанПіН 2.2.4-171-10. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Склад води питної за органолептичними, хімічними, фізико-хімічними, мікробіологічними, паразитологічними, радіаційними та іншими показниками відповідає вимогам державних стандартів та санітарного законодавства.

Вода мутністю понад $1,0 \text{ мг/дм}^3$ повинна бути спеціально оброблена з метою її освітлення. Освітлення води проводять способом відстоювання і коагулювання. Спосіб відстоювання води рекомендується для заводів із продуктивністю $0,5\text{--}1,0$ млн дал напоїв у рік. Зм'якшують воду реагентними, іонообмінними, електродіалізними і мембранними способами. Електродіалізний спосіб зм'якшення води (рис. 2) рекомендується застосовувати для обробки води зі вмістом солей понад 1500 мг/дм^3 .

Електродіалізний апарат конструктивно являє собою апарат фільтр-пресового типу з горизонтальним розташуванням робочих камер і призначений для електрохімічного знезалення води. В апарат входять два титанових електроди, платиновані з робочої сторони. Між електродами розташовані електродні камери для промивання електродів, пакет робочих і поворотних рамок з турбулізаторами, що утворює камери опріснення і концентрування, розділені в послідовності, що чергуються, аніонітними і катіонітними мембранами. Мембранний спосіб зм'якшення води, заснований на принципі зворотного осмосу, може бути використаний для обробки вод будь-якого солевмісту.

Обробка води на іонообмінних фільтрах включає такі стадії:

- фільтрування води через підготовлений фільтр до насичення обмінної робочої ємності іоніту;
- розпушення іоніту висхідним потоком розчину промивної води;
- регенерація іоніту;
- відмивання від іоніту, солей жорсткості і надлишку регенераційних розчинів (рис. 3).

Технологія ультрафіолетового опромінення при знезараженні питної та стічної води застосовується досить широко. При впливі на органічні клітини

різних бактерій ультрафіолетовим випромінюванням спостерігається руйнація клітин мікроорганізмів у спектрі від 200 до 400 нм. [7] Такі можливості треба використовувати для підвищення ефективної роботи бактерицидних установок, необхідним є пошук енергоефективних джерел світла, що працюють в діапазоні 200–400 нм. Як свідчить аналіз, високі техніко-економічні показники забезпечують бактерицидні установки, що працюють на основі використання світлодіодних джерел світла, які нарівні з покращенням енергетичних характеристик, забезпечують ще й можливість зменшення ефекту післядії за рахунок розосередження установки і багатоступеневої структури системи знезараження води. Дослідження процесів знезараження води та визначення вимог до бактерицидних установок на основі ультрафіолетових світлодіодних джерел світла досі не проводились. Для виявлення загальних закономірностей технології створення світлового простору світлодіодними приладами авторами розроблена методика синтезу світлових приладів на основі відомої кривої сили світла (КСС) одиничного світлодіодного джерела світла: модель виду [8]:

$$I'(\lambda) = F(I(\lambda), N, K) = F(I_0, N, 2\theta_{0,5}, K) \quad (1)$$

де $I'(\lambda)$ – розподіл сили світла (СС) СП;
 $I(\lambda)$ – розподіл СС одного світлодіода (СД);
 N – число світлодіодів в приладі;
 I_0 – осьова сила світла одного СД;
 $2\theta_{0,5}$ – кут свічення одного світлодіода;

K – коефіцієнт, що враховує розподіл сили світла від оптичного елементу світлового приладу. Результатом розрахунку є графік світлорозподілу в площині, де розташовані точки спостереження: крива СС в довільно вибраній площині, що проходить через вісь лампи. Величина СС в цій залежності є результат складання сил світла в точці спостереження, від усіх світлодіодів, які розміщені в світлодіодній лампі (СДЛ). Величина кута визначена, як кут між віссю лампи і променем, проведеним в точку спостереження. Для обчислення сили світла використовується закон квадрата відстані $I=E \cdot L^2$. Для розрахунку КСС СДЛ використовуються КСС одиничних світлодіодів (СД), що наведені в паспортних даних. В розглянутих умовах КСС СД – це кубічний сплайн апроксимації, отриманий на основі експериментальних вимірів для одиничного світлодіода. КСС модельованої СДЛ розраховується

в два етапи: 1) створюється каталог КСС одиничних світлодіодів різних модифікацій, з яких передбачається створювати СДЛ; 2) в точках спостереження здійснюється розрахунок сили світла від усіх світлодіодів лампи.

Застосування розробленої методики дозволяє розрахувати КСС від СДЛ для любых умов застосування. Розрахунок КСС для СДЛ зводиться до розрахунку сили світла в будь-якій точці середовища пропускання A_i з координатами (x_a, y_a, z_a) в системі координат, у якій вісь OZ співпадає з віссю лампи. Точка початку координат є уявним центром світимості лампи, який може бути вибраний довільно в області площини розміщення діодів. Площина XOY перпендикулярна осі OZ і проходить через точку нуль осі OZ . Напрямок осі OX вибирається довільно. Алгоритм, застосований в завданні для розрахунку точок спостереження A_i середовища пропускання, заснований на твердженні, що ці точки знаходяться в площині XOZ .

З метою розрахунку координат точок світіння середовища пропускання застосовано алгоритм розрахунку координат, який полягає в знаходженні координат рівновіддалених точок середовища пропускання, при обертанні їх навколо початку координат. Для того, щоб скористатися цим алгоритмом задаються наступні величини [8]:

- відстань до точок розрахунку R від нульової точки системи координат;
- крок зміни кута при руху точці розрахунку навколо точки нульової осі OZ . На основі кроку виконується розрахунок кута між точкою розрахунку і негативним напрямом осі OZ .

По теоремі косинусів визначаються відстані до точок розрахунку та їх координат:

$$a = -R \cdot \cos(\gamma) \quad (2)$$

Координати двох точок простору, вказані в певному порядку, задають єдиний вектор. Точка кінця вектора світлодіода повинна задаватися як координати оптичного центру світлодіода. Точка початку вектора світлодіода може бути вибрана довільно, але обов'язково повинна належати променю осової сили світла світлодіода. Для визначення координат точки початку вектора світлодіода в завданні кутом між осями світлодіода і лампи розраховується кут, отриманий в результаті проведення площини крізь вісь OZ і точку оптичного центру світлодіода. Із точки оптичного центру світлодіода відновлюється перпендикуляр до осі OZ . Гіпотенузою, цього трикутника виступатиме відрізок геометричного променя з точки оптичного центру світлодіода до осі OZ . Кут між гіпотенузою і віссю OZ задається при конструюванні лампи і є кутом нахилу осі світлодіода до осі лампи. Точкою початку вектора світлодіода, виходячи з цієї побудови, являється точка перетину гіпотенузи з віссю OZ .

Позначивши точку оптичного центру світлодіода координатами $D_s (x_s, y_s, z_s)$ і використовуючи теорему тангенсів для прямокутного трикутника, знаходимо величину катета, що належить осі OZ у вигляді:

$$b = a \cdot \operatorname{tg}(\gamma) \quad (3)$$

де a – довжина катета, яку можна знайти з координат точки оптичного центру світлодіода.

У площину XOY проекція точки оптичного центру діода має координати, відповідно x_s і y_s , довжина вектора від оптичного центру до осі OZ , дорівнює $\sqrt{(x_s^2 + y_s^2)}$. Таким чином, катет b визначається, як:

$$b = \operatorname{tg}(x_s^2 + y_s^2) \quad (4)$$

Координати точки перетину гіпотенузи з віссю OZ $(0, 0, z_s + b)$. Можна задати координати точки початку вектора діода просто з геометричного зображення лампи. У завданні застосовується розрахунок координат точки початку вектора діода для кожного діода лампи по описаному алгоритму, якщо задані координати точки оптичного центру діода і кут нахилу осі діода до осі лампи. При завданні координат точок початку і кінця вектора діода з геометричної побудови лампи, необхідність завдання кута нахилу осі діода до осі лампи відпадає.

Для розрахунку сили світла від оптичного центру світлодіода до точки розрахунку, визнається кут між вектором, задаючим вісь світлодіода і вектором з точки оптичного центру світлодіода до точки розрахунку. Кут між векторами в просторі знаходиться, використовуючи поняття скалярного множення векторів у відповідності з цим скалярним добутком двох векторів $a(x_a, y_a, z_a)$ і $b(x_b, y_b, z_b)$ є сума множень відповідних координат векторів:

$$ab = x_a \cdot x_b + y_a \cdot y_b + z_a \cdot z_b.$$

З іншого боку, скалярним добутком цих векторів, є добуток довжин векторів помножений на косинус кута між ними:

$$ab = |a| \cdot |b| \cdot \cos(\alpha) \quad (5)$$

Для знаходження кута між віссю світлодіода і вектором з оптичного центру світлодіода в точку спостереження, визначаються точки початку і кінця для кожного з векторів. Перший вектор задає вісь світлодіода і належить променю осової сили світла світлодіода. Вектор проведений з будь-якої точки, що лежить на промені осової сили світла світлодіода до оптичного центру світлодіода D_s . Другий вектор – з точки оптичного центру світлодіода D_s до точки спостереження A_i .

Координати точок, що визначають обидва вектори: $D_s (x_s, y_s, z_s)$ – точка оптичного центру світлодіода; $D_o (x_o, y_o, z_o)$ – точка основи світлодіода; $A_i (x_i, y_i, z_i)$ – точка розрахунку (точка, в

якій розраховується сумарна сила світла від світлодіодів розміщених в лампі).

Координати вектора світлодіода $D(D_o, D_s)$ і вектора розрахунку $A(D_s, A_i)$ знаходяться використовуючи координати точок початку і кінця вектора: $D(x_s - x_o, y_s - y_o, z_s - z_o)$; $A(x_a - x_s, y_a - y_s, z_a - z_s)$. Визначивши довжини векторів обчислюється їх скалярний добуток: $DA = |D| \cdot |A| \cdot \cos(\beta)$.

Використовуючи отриманий кут між вектором, задаючим вісь світлодіода і вектором з точки оптичного центру світлодіода до точки спостереження і провівши інтерполяцію з використанням функції апроксимації кубічного сплайна для вибраного світлодіода, вичислюємо силу світла від конкретно взятого світлодіода у вибраній точці спостереження. Підсумкове значення, отриманих сил світла від усіх світлодіодів СДЛ, надає інформацію про силу світла в даній точці спостереження. Розроблений метод може бути застосований для будь-яких довільно вибраних точок спостережень, основ світлодіодів і середовища їх розташування, що робить алгоритм придатним для розрахунку світлорозподілу від світлодіодних систем бактерицидного знезараження води.

Дослідження з розробки заходів і проектів екологічної безпеки для процесів харчової технології. Ряд показників питної води свідчить про наявність у ній різних мінеральних і органічних домішок у кількостях, що негативно впливають на якість напоїв. Питна вода містить велику кількість різних домішок, що надходять до неї при конденсації вологи в атмосфері, проходженні через ґрунт, забрудненні побутовими і промисловими стоками. При випаданні опадів у виді дощу і снігу у воді розчиняються кисень, азот, двооксид вуглецю, складові речовини димових газів, різні мінеральні речовини – продукти окислювання, які, при взаємодії з різними речовинами в ґрунті, утворюють погано розчинні і нерозчинні у воді з'єднання.

До органолептичних показників, що визначають якість води в безалкогольному виробництві, відносяться: смак, запах, колір і прозорість. Вода, яку використовують для технологічних цілей виробництва напоїв, повинна бути прозорою, безбарвною, не мати сторонніх присмаків і запахів і відповідати вимогам, представленим нижче (табл. 1).

Таблиця 1. Органолептичні показники води для технологічних цілей

Показники	Значення
Запах при температурі 20 °С і при підігріванні води до 60 °С, бали, не більше	0
Присмак при температурі 20 °С, бали, не більше	0
Кольоровість по платино-кобальтовій або шкалі, що імітує, град., не більше	10
Мутність по стандартній шкалі, мг/дм ³ , не більше	1,0

Особлива увага повинна бути приділена чистоті питної води з погляду її прозорості, мутності, кольоровості, відсутності зважених часток, присмаку, запаху, органічних речовин, вмісту бактерій і токсичних речовин. Вода, яку використовують у якості питної або при виробництві безалкогольних напоїв, повинна відповідати санітарним нормам і вимогам, а також за хімічними показниками (табл. 2).

Таблиця 2. Хімічні показники питної води

Показники	Значення
Жорсткість (загальна), мг·екв/дм ³ , не більше	0,7
Лужність, мг·екв/дм ³ , не більше	1,0
Мінеральні домішки, мг·екв/дм ³ , не більше:	
марганець	0,1
залізо	0,1
алюміній	0,1
сульфати	100–150
хлориди	100–150
мідь	1,0
цинк	5,0
нітрати	10
нітри	сліди
свинець	0,1
кремній	2,0
миш'як	0,05
фтор	1,5
pH	3 – 6

Вміст активного хлору у воді після хлорування повинен бути 6,0 – 10,0 мг/дм³, після дехлорування вміст активного хлору повинен дорівнювати нулеві. Мікробіологічні показники питної води: загальна кількість бактерій у 1 см³ нерозбавленої води, не більше, ніж 25; кількість бактерій групи кишкової палички в 1 дм³, не більше, ніж 3.

Додатково до викладеного матеріалу необхідно формувати у студентів усіх рівнів навчання знання про теоретичні і правові засади нормування в Україні принципів якості довкілля та категорій нормативних документів, з визначенням системи понятійної термінологічної бази якості довкілля [9–13]. Необхідно формувати у студентів усіх рівнів навчання знання про теоретичні і правові засади нормування в Україні принципів якості довкілля та категорій нормативних документів, з визначенням системи понятійної термінологічної бази якості довкілля [1, 2]. Завдання розвитку таких закономірностей пов'язані з визначенням місця і ролі нормування основних характеристик в системі заходів підвищення якості та рівнів екологічної безпеки довкілля: основні положення в галузі стандартизації та нормування якості довкілля; поняття та визначення – ідентифікація-класифікація системи; категорії нормативних документів; систему нормативних документів, які регламентують якість повітря, води та водних об'єктів; ґрунтів та ін; санітарно-гігієнічне значення централізованого водопостачання населених пунктів; системи методів покращення якості води і технологічні процеси

обробки води; сучасні ресурсо- та енергозберігаючі способи освітлення води (видалення завислих речовин у відстійниках, флоатація, фільтрування та ін.); безпечні способи знебарвлення води шляхом коагуляції, напірної флоатації, окислювачами (хлор, озон, перманганат калію), сорбентами (активоване вугілля) та ін.; системи комплексних способів знезараження води; системи коагуляція води (коагулянти, флокулянти, організація дозування реагентів); сучасні системи відстоювання та фільтрування води; сучасні екологічнобезпечні системи хлорування питної води (реагенти, механізми та діапазони бактерицидної дії; методи хлорування води, дозування реагентів; обладнання для хлорування; контроль ефективності хлорування води, переваги та недоліки); сучасні екологічно-безпечні системи знезараження води переваги та недоліки сучасних екологічно-безпечних систем знезараження води УФ-промінням, іонами срібла, йодом, ультразвуком, гамма-випромінюванням, контроль їх ефективності; попередній санітарний нагляд за покращенням якості води на водопроводах; поточний санітарний нагляд за ефективністю покращення якості води на водопроводах. Відповідно перші досліді з інактивації вірусних часток COVID-19 вказали на ефективність використання світлодіодних джерел глибокого УФ випромінювання, які забезпечують інактивацію 99,9 % часток коронавірусу. Проведені дослідження свідчать про можливість побудови на основі таких світлодіодів систем очищення води та кондиціонування повітря. Завдання розвитку таких закономірностей пов'язані з визначенням місця і ролі нормування основних характеристик в системі заходів підвищення якості та рівнів екологічної безпеки довкілля:

- основні положення в галузі стандартизації та нормування якості довкілля;
- поняття та визначення – ідентифікація-класифікація системи;
- категорії нормативних документів;
- систему нормативних документів, які регламентують якість повітря, води та водних об'єктів; ґрунтів та ін;
- класифікація системи різновидів відходів та ідентифікація-класифікація твердих побутових відходів (ТПВ);
- санітарно-гігієнічне значення централізованого водопостачання населених пунктів;
- системи методів покращення якості води і технологічні процеси обробки води;
- сучасні ресурсо- та енергозберігаючі способи освітлення води (видалення завислих речовин у відстійниках, флоатація, фільтрування та ін.);
- безпечні способи знебарвлення води шляхом коагуляції, напірної флоатації, окислювачами (хлор, озон, перманганат калію), сорбентами (активоване вугілля) та ін.;

- системи комплексних способів знезараження води;
- системи коагуляція води (коагулянти, флокулянти, організація реагентного господарства, дозування реагентів);
- сучасні системи відстоювання води;
- сучасні системи фільтрування води;
- сучасні екологічно-безпечні системи хлорування питної води (реагенти, механізми та діапазони бактерицидної дії; методи хлорування води, дозування реагентів; обладнання для хлорування; контроль ефективності хлорування води, переваги та недоліки);
- сучасні екологічно-безпечні системи знезараження води озоном (механізм бактерицидної дії, озонаторні установки, контроль ефективності, переваги та недоліки);
- переваги та недоліки сучасних екологічно-безпечних систем знезараження води УФ-промінням, іонами срібла, йодом, ультразвуком, гамма-випромінюванням, контроль їх ефективності;
- попередній санітарний нагляд за покращенням якості води на водопроводах;
- поточний санітарний нагляд за ефективністю покращення якості води на водопроводах.

Гарантоване постачання населенню України питної води, що є безпечною для здоров'я та належної якості, забезпечують два основоположні законодавчі документи: Водний кодекс України та закон України «Про питну воду та питне водопостачання» [1, 2, 5]. Одним із завдань, що спрямовані на досягнення вищезазначеної мети, є об'єктивне оцінювання екологічного стану і якості поверхневих та підземних вод – джерел централізованого питного водопостачання, на основі екологічних та гігієнічних показників та критеріїв, що відповідають вимогам стандартів, способів, методів та технологій, прийнятих в ЄС [6]. Класифікація якості поверхневих та підземних вод України – джерел питного водопостачання – є морально та змістовно застарілою.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку. Результати дослідження показали можливості їх застосування у різновидах технологічних процесів харчової технології з метою знезараження води – сировинного ресурсу майже всіх виробництв.

1. Проведені дослідження дозволяють встановити науково-обґрунтовані вимоги до бактерицидних установок у різновидах технологічних процесів харчової технології.

2. Для визначених умов та призначення запропоновано структуру енергоефективної бактерицидної установки на основі ультрафіолетових світлодіодних джерел світла, що забезпечує зосереджене багаторівневе знезараження води у процесах виробництва харчової технології.

3. Під час досліджень встановлена необхідність формулювання оцінки характеристик бактерицидних установок знезаражування води у спеціальних процесах виробництв харчової технології.

Слід відмітити, постійне зростання попиту на безпеку життєдіяльності людини: застосування високоефективних інноваційних технологій, техніки та обладнання; вивчення даних про принцип дії ультрафіолетового випромінювання і самому впливі

знезараження ультрафіолетового випромінювання на мікроорганізми, що знаходяться у воді, і є джерелом забруднення; внесення пропозиції щодо вдосконалення систем водопідготовки із знезараження води методом ультрафіолетового опромінення [9–23]. Ці фактори стимулюють подальше розвинення досліджень з метою розробки сучасних енергоефективних систем знезараження води на основі світлодіодних джерел світла [1–8, 14].

Список літератури

1. Гончарук В.В. и др. Обеззараживание природных вод озонированием совместно с УФ-облучением // Химия и технология воды, 2005, т. 27, № 3. С. 266 – 282.
2. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official J. of the European Communities, L 327/1, 22.12.2000/EN.
3. Говоров Ф.П. Моделирование параметров и характеристик световых приборов на основе энергосберегающих светодиодных источников света / Ф. П. Говоров, Н. И. Носанов, Т. И. Романова, О. В. Король // Технічна електродинаміка. Тем. випуск «Силова електроніка та енергоефективність». Ч. 2. – Київ: ІЕДНАН України, 2012. – С. 95 – 101.
4. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Алгоритм технології системи бактерицидних установок знезараження води. XXVIII Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 182.
5. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Загальні закономірності системи бактерицидних установок знезараження води. XXVIII Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 181.
6. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Енергоефективна система знезараження води на основі світлодіодних джерел світла. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – № 5(1359). – С. 19–25.
7. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Технології світлотехніки на шляху розповсюдження COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 125.
8. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Деякі можливості світлотехніки на шляху розповсюдження COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 126.
9. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Системи світлотехніки на шляху розповсюдження COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 127.
10. Бухкало С.І., Говоров П.П., Кіндінова А.К., Гришина І.М. Екологічна безпека світлотехніки на шляху COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 116.
11. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Медико-біологічні аспекти на шляху розповсюдження COVID-19. Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти матеріали II Міжн. н-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р./ред. колегія А. В. Кіпєнський, О. В. Білоус [та ін.]. – Харків: Друкарня Мадрид, 2021. – С. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0
12. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
13. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
14. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. Х.: Ч. II, с. 201.
15. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglis S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
16. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
17. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплекс инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 160–166.
18. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 72–80.
19. Zipunnikov, Mykola; Bukhkalov, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
20. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhkalov, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.

21. Buhkalo, S. I., Klemeš, J. J., Tovazhnyanskyy, L. L., Arsenyeva, O. P., Kapustenko, P. O., & Perevertaylenko, O. Y. (2018). Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 70, 2047–2052. doi:10.3303/CET1870342.
 22. Bilous, O., Demidov, I., & Buhkalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaf and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
 23. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю) [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
- References (transliterated)**
1. Goncharuk V.V. i dr. Obezrazhivanie prirodnih vod ozonirovaniem sovmestno s UF-oblucheniem // *Himija i tehnologija vody*, 2005, t. 27, № 3, pp 266 – 282.
 2. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // *Official J. of the European Communities*, L 327/1, 22.12.2000/EN.
 3. Govorov F.P. Modelirovanie parametrov i harakteristik svetoviyh priborov na osnove jenergosberegajushih svetodiodnyh istochnikov sveta / F. P. Govorov, N. I. Nosanov, T. I. Romanova, O. V. Korol' // *Tehnichna elektrodinamika. Tem. vipusk «Silova elektronika ta energoefektivnist»*. Ch. 2. – Kiiv: IEDNAN Ukraïni, 2012, pp. 95–101.
 4. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Algoritmi tehnologii sistemi baktericidnih ustanovok znezarazhennja vodi. *XHVIII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorovja» (MicroCAD-2020)* 28-30 zhovtnja 2020 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 182.
 5. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Zagalni zakonomirnosti sistemi baktericidnih ustanovok znezarazhennja vodi. *XHVIII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorovja» (MicroCAD-2020)* 28-30 zhovtnja 2020 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 181.
 6. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Energoefektivna sistema znezarazhennja vodi na osnovi svitlodiodnyh dzherel svitla. *Visnik NTU «HPI»*. – H.: NTU «HPI», 2020. – № 5(1359). – S. 19–25.
 7. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K. Tehnologii svitlotehniki na shljahu rozpovsudzhennja COVID-19. *XVIII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorovja» (MicroCAD-2021)* 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 125.
 8. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K. Dejaki mozhlivosti svitlotehniki na shljahu rozpovsudzhennja COVID-19. *XVIII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorovja» (MicroCAD-2020)* 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 126.
 9. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K. Sistemi svitlotehniki na shljahu rozpovsudzhennja COVID-19. *XVIII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorovja» (MicroCAD-2021)* 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 127.
 10. Buhkalo S.I., Govorov P.P., Kindinova A.K., Grishina I.M. Ekologichna bezpeka svitlotehniki na shljahu COVID-19. *XVIII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorovja» (MicroCAD-2021)* 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 116.
 11. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K. Mediko-biologichni aspekti na shljahu rozpovsudzhennja COVID-19. *Zdorov'ja nacii i vdoskonalennja fizkul'turno-sportivnoi osviti materiali II Mizhn. n-praktichnoi konferencii*, 22–23 kvitnja 2021 r./red. kolegija A. V. Kipens'kij, O. V. Bilous [ta in.]. – Harkiv: Drukarnja Madrid, 2021. – S. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0
 12. Buhkalo S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursivih proektiv. *Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorovja: tezi dopovidej HHVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019)*, 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 217.
 13. Buhkalo S.I. Zagalna tehnologija harchovoi promislovosti u prikadah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
 14. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. *XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018)* 17–19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
 15. Buhkalo S.I., Ageicheva A.O., Iglis S.P., Hlavcheva Yu., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ *Visnik NTU «KhPI»*. Kh.: NTU «KhPI», 2019. № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
 16. Buhkalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XHV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017): Ch. III, – p. 14..
 17. Buhkalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak kom-plekse innovacionnyh proektiv. *Visnik NTU «KhPI»*. 2012. № 10, pp. 160–166.
 18. Buhkalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezenija na kompleksnyh predpriyatjah po pererabotke othodov // *Visnik NTU «KhPI»*. 2012. № 10, pp 72–80.
 19. Zipunnikov Mykola; Buhkalo Svetlana; Kotenko Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. *French-Ukrainian Journal of Chemistry*, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2, pp. 138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
 20. Bilous, O., Sytnik, N., Buhkalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 6(11 (102)), 66–73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
 21. Buhkalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., & Perevertaylenko O.Y. (2018). Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 70, 2047–2052. doi:10.3303/CET1870342.

22. Bilous O., Demidov I., Bukhkalov S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaves and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
23. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju) [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiїv «Centr uchbovoї literaturi»: 2019, 108 p.

Надійшло (received) 19.05.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Говоров Пилип Парамонович (Говоров Филип Парамонович, Novorov Pylyp Paramonovich) – доктор технічних наук, професор кафедри, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0379-1448>; e-mail: philip.govorov@gmail.com

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhkalov Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com

Кіндінова Анастасія Костянтинівна (Киндинова Анастасия Константиновна, Kindinova Anastasiia Kostyantynivna) – магістерка, Харківський Національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2575-0767>; e-mail: kindinova.anastasiia@gmail.com

Земелько Марія Леонідівна (Земелько Мария Леонидовна, Mariia Zemelko) – викладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна;

e-mail: kushnir2609@gmail.com

P. P. HOVOROV, S. I. BUKHKALOV, A. K. KINDINOVA, MARIIA ZEMELKO

HIERARCHY OF LIGHTING POSSIBILITIES ON THE WAY OF DEVELOPING INNOVATIONS IN FOOD TECHNOLOGY PRODUCTION

In the article the energy-efficient technology of disinfection of drinking water which is based on the use of LED light sources for generating ultraviolet radiation during a pandemic COVID-19. Some theoretical and experimental models of water disinfection have been developed and investigated. The relevance of energy saving and safety issues in the modern world of food technologies is considered. The directions of optimization and improvement of energy efficiency of systems are determined with the specification of standard production measures. The algorithm for intensifying market development is described - food and energy-saving technology using LED lamps. The structure of the system of water disinfection technique and algorithm for calculating the light distribution of LED light sources that provide efficient use of electricity in the disinfection of water. The fragmentation algorithm is attached for the development of the bactericidal anti-infection system. The authors have devised a methodology for the synthesis of light on the basis of the distorted power of a single light switch of a light switch. The problem associated with the need to improve the efficiency of water disinfection at the stages of its treatment in an increasingly unfavorable trend of deterioration of microbiological parameters in the reservoirs of the first category is considered. Historical facts of development and the application of this technology in the water treatment system are described as technology of disinfection of drinking water which is based on the use of LED light sources for generating ultraviolet radiation during a pandemic COVID-19.

Keywords: ultraviolet radiation, LED light sources, bactericidal installation, structure, methods, algorithm, COVID-19

П. П. ГОВОРОВ, С. И. БУХКАЛО, А. К. КИНДИНОВА, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО

ИЕРАРХИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СВЕТОТЕХНИКИ НА ПУТИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВАХ ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В материалах статьи рассматривается возможность применения технологии обеззараживания питьевой воды, которая основана на использовании светодиодных источников света для генерации ультрафиолетового излучения. Разработаны и исследованы некоторые теоретические и экспериментальные модели обеззараживания воды с учетом проведенного анализа литературных источников информации. Рассмотрена актуальность вопросов энергосбережения и безопасности в современном мире пищевых технологий. Определены направления оптимизации и повышения энергоэффективности систем с конкретизацией типовых мероприятий производств. Описан алгоритм интенсификации развития рынка – пищевая инновационная энергоэкономическая технология с применением светодиодных ламп. Предложена структура системы обеззараживания воды, методика и алгоритм расчета светораспределения светодиодных источников света, обеспечивающих эффективное использование электрической энергии на обеззараживание воды. Развитие и применение этой технологии в системе очистки воды описаны как возможности исследования технология обеззараживания питьевой воды – сырья и продукта, основанные на использовании светодиодных источников света для генерации ультрафиолетового излучения во время пандемии.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, светодиодные источники света, бактерицидная установка, алгоритм

I. H. ZEZEKALO, S. I. BUKHKALO, I. O. IVANYTSKA, O. O. AHEICHEVA

ACID TREATMENTS QUALITY IMPROVING ANALYSIS THROUGH NEW WORKING AGENTS USAGE

Decrease in permeability that occurs during the construction of the well and operation are analyzed. The reasons for the decrease in the permeability of the bottom-hole zone in the reservoir rocks that occur in the process of drilling, cementing, reopening and development of wells are determined. The basic principles of acid treatment for intensification of hydrocarbon raw material extraction of sealed productive strata in the process of their drilling are investigated. The solution for acid treatment is given. Specialized products for stimulation are considered. Acid treatments quality increasing through new working agent's usage and improving the technology analysis is performed: the scientific substantiation of the program realization algorithm of possible influence for concrete geological and physical conditions of a well is presented; systems of geological and technological factors influencing the filtration properties of reservoirs are identified and analyzed; identifying features of development and adaptation types of chemical compositions for specific conditions of the formation; the possibility of conducting experimental research on the development and adaptation the chemical compositions and technologies of influence in the processes of increasing productivity and silencing of wells in relation to specific geological and physical conditions is determined.

Keywords: bottom-hole formation zone, hydrochloric acid treatment, chemical methods, pollution.

Introduction. In recent years, the urgency of maintaining the potential productivity of wells has increased significantly, including due to the involvement in operation in addition to traditionally exploited formations, and the involvement of formations of complex deposits with low permeability properties that have not been used before. In Ukraine, many large deposits have been explored, such as Machuhske, Zagoryanske, Sagaidatske, Semirenkovske, Yablunivske, the main hydrocarbon deposits which are associated with significant depths, and productive strata are represented by reservoirs of different lithological composition. It is known that drilling of exploratory wells is reviving at a slow pace with the growing role of hydrocarbon production in the current crisis conditions. In addition, the main part of the fields has passed into the final stage of development, which is characterized by redistribution of pressure in the reservoirs, restructuring of residual reserves, increasing the share of hard-to-recover oil reserves requires new approaches to their removal.

The efficiency of well construction is directly related to the quality of exposure of productive objects, which in turn depends on maintaining or improving the maximum possible permeability of reservoirs. The quality of exposure of productive objects at oil and gas condensate fields is directly related to the quality of drilling.

Well construction is an expensive and complex process. When drilling wells, high-quality multicomponent drilling fluids are used, but they also sometimes have a negative effect on reservoirs. Therefore, in wells with a long service life, as well as as a result of overhaul, productive horizons are clogged, which significantly reduces the flow and when using poor quality drilling fluids, the flow generally drops to zero. The problem of clogging of reservoirs is quite common - to solve it, leading specialists of Ukraine and the world are developing new methods and technologies to intensify hydrocarbon production.

The latest research and published works analysis. The analysis of a significant number of sources enabled to determine the basic principles of recovery productivity of wells clogged during their drilling and operation by the method of acid treatments [1–6].

The purpose of the study. Determination of the basic principles of acid treatment for intensification of hydrocarbon raw material production of sealed productive strata during their drilling.

Problem statement. Thus, only in the territory of the Dnieper-Donetsk basin about twenty wells in highly promising explored fields do not produce as a result of clogging of productive formations during drilling. At a time when geophysical studies in the well show that the filtration-capacity characteristics of the reservoir are highly effective, the horizons are productive in neighboring wells, but as a result of repression on the reservoir there is a significant penetration of solids into the reservoir, emulsion formation and polymerization. the bottomhole zone of the formation and the well is low in flow or does not produce at all.

The main part. Presentation of the main material. Today, oil and gas deposits are being opened with complex reservoirs in terms of chemical composition, dense, low-permeability and low-porosity. Deterioration of filtration properties of a productive collector can be caused by many reasons, the main of which are:

- absorption of well silencing fluid by the reservoir;
- swelling of the clay material of the rock as a result of contact with the filtrate of the well silencing fluid;
- formation of stable water-oil and gas emulsions in the zone of contact of the well silencing fluid with formation fluids (Jamen effect)
- formation of asphalt-resin-paraffin deposits and sparingly soluble sediments when the thermodynamic parameters of the formation change;

© Zezekalo I.H., Bukhkalov S.I., Ivanytska I.O., Aheicheva O.O., 2021

- reduction of oil permeability of RAM as a result of hydrophilization of the pore space of the reservoir due to its contact with the filtrate of the well shut-off fluid, etc.

Before the productive horizons of an oil and gas field are exposed to wells, the physical parameters of the formation, such as pressure, temperature, distribution of fluids in the reservoirs, are in a constant (stable) state achieved for a long time since the formation of deposits. As soon as the formation is exposed to external influences (primary and secondary opening by drilling, silencing of wells).

The main reasons for clogging of the reservoir are the wrong selection of the solution, the human factor, non-compliance with the technology of preparation, processing and purification of the washing liquid. Highly promising wells do not produce anything and replenish the fund of idle wells. Water-based clay drilling fluids, potassium mortars, stabilized saline-saturated mortars mainly lead to contamination of the bottomhole zone of the formation (PZP) with solid phase and filtrate [7]. Many scientists have studied the issue of well recovery [8]. Successful recovery can lead to excellent results. For example, at the Yablunivske field, well №4 was clogged during drilling and did not produce, but after treatment with an acid solution, the well yielded 800,000 cubic meters of gas per day [9].

To avoid deep penetration of drilling mud filtrate into the formation, additives of various thickeners - polymers - are often used. The following thickeners are used: methyl acrylate, carboxymethylcellulose (CMC), polyacrylamide (PAA), acrylonitrile, GIPAN, cideryl, dc-drill, etc. Also sometimes use auxiliary additives - water repellents and inhibitors. The advantage of polymer-based BR is that during drilling the polymer is partially filtered on the "well-formation" boundary, forming an almost impermeable crust, which protects the formation and reduces the possibility of deep penetration of drilling mud filtrate [10].

When using low-quality polymer-based drilling fluids, the reduction in the permeability of oil and gas formations can occur several times and can even lead to complete clogging.

The main problem of reducing the flow characteristics of oil and gas fields in Ukraine in the process of their overhaul is the use of silencing fluid and other technological reagents in the repression of the reservoir. Thus, according to the statistics of the 80-90s of the XX century, the reduction in well productivity after overhaul was about 30%. The causes of clogging of productive formations and the mechanism of clogging are similar problems that occur during drilling.

Modern technologies indicate the following advantages of opening productive formations in depression: preservation and even improvement of natural FEH of productive formations, thanks to inflow of formation liquid in the course of opening; elimination of negative impact on the productive horizon of drilling and cement mortars used in traditional technologies, as well as excessive pressures during drilling and fastening;

increase in the level of oil recovery due to the increase in the permeability of the ROM (skin effect) increase in the flow rate of wells, resulting in a reduction in the payback period of their construction; involvement in the development of low-profit oil deposits and fields, as well as productive horizons

The development of gas and oil fields can be represented as a complex technological process that takes place under volatile conditions and is not subject to direct (visual) observation. Effective indicators of field development and high final return can be obtained with rational development, as well as with effective regulation of system processes. Means of regulation, for example, can be changes in the rate of fluid sampling and the corresponding distribution of samples in the wells, the density of the wells, increasing the permeability of the bottomhole zone, etc. (Table 1):

Table 1 – General systems analysis of the wells recoil clogged during drilling

№	Analysis system components examples according to the functional scheme
1	Analysis of scientific sources, formulation of goals and objectives of the research system; definition of the theoretical researches program and experiment planning
2	Classifications-identification and analysis of existing production wells and methods for determining flooding, identifying general and individual problems.
3	Scientific part methodology development: systems of dynamic models of the production management process on the basis of selected complex schemes; preparation for tests, numerical modeling, calculation results analysis
4	Determining the hierarchy of components while measurement and methodical part of flooding production of production wells, research of dynamics change of flooding at non-stationary mode of operation at a well.
5	Conducting physical and mathematical experiments; statistical analysis comparing the results of experiments with theoretical data.
6	Development of structure systems, identification-classification of algorithm and mathematical support of information-measuring and control system for intensification of production and determination of flooding the extracted products
7	Development of an innovative method of bringing production wells with different types of depth pumping units to a certain mode of operation using the developed complex processes of the system.
8	Carrying out of industrial experiment on an estimation of accuracy of instrumental definition of flooding of production of wells and effect on intensification of system of the subsequent extraction.
9	Carrying out of industrial experiment on an estimation of quality instrumental definition of flooding of production of wells and effect on intensification of system of the subsequent extraction.
10	Scientifically well-ground conclusions development and analysis.

Some issues of the system of increasing the recoil of wells clogged in the process of drilling in order to determine modern highly effective science-based technologies for their use and some features of possible

solutions, which are based on the analysis of geological and technical measures to intensify inflow to wells and reduce watering, extracted. This approach is one of the most promising for the development of process mechanisms and their scientific justification in the form of objects of technology, in particular to determine the features of the use of acid solutions based on hydrochloric acid in high temperature collectors [1]. Despite its obvious advantages, the success of the operations of the application of acid compositions still remains low. The optimal technology of acid treatment provides the maximum effect is first selected taking into account the causes of ROM contamination, taking into account such parameters of the formation as: particle size and mineralogical composition of rocks; filtration-capacity properties; temperature, chemical composition of formation fluids. Properly selected formulation of the acid composition should lead to the desired result - cleaning the ROM from contamination, restoring its permeability and, as a consequence, ensuring the productivity of the well, corresponding to the local capabilities of the formation.

According to the experimental and industrial operation of deposit wells, the productive section of which is composed of reservoir rocks, it can be concluded that with low porosity and permeability, a significant effect can be achieved by intensification, using different variations of acid treatments and anti-clogging. The most effective formulations and highly permeable solvents were used and tested in the treatment of wells. Analyzing the data, it can be noted that with a properly selected solution formulation and the use of decontamination fluids, the flow rates of unproductive wells in productive sediments can be increased several times, and sometimes several orders of magnitude.

Today, to intensify the inflow from the productive strata often resort to the use of hydrochloric acid technology without decontamination. However, based on the fact that the productive strata where these bottomhole treatments are carried out are already flooded or simple hydrochloric acid technology does not give tangible results, it is necessary to use uniquely new compositions of working agents.

New compositions of solutions should solve the following tasks:

- 1) increasing the distance of acid penetration
- 2) decompression of ROM;
- 3) increasing the ability to remove reaction products;
- 4) low corrosion activity in relation to the equipment;
- 5) adaptation to the mineralization of formation water.

Due to its high soluble ability, hydrochloric acid is the most common reagent in the process of conducting KO in reservoirs. There are two risk factors that arise when using hydrochloric acid: the high reaction rate in the formation, which complicates the processing and high corrosion activity. To reduce the level of corrosion

activity, organic acids and inhibitors are added to the acid composition [14]. Various inhibitors are used to reduce corrosion of pipes when transporting acids through them. For example, such as formalin, Uicol PB-5, U-1-A inhibitor

Technical Utropin and BA-6 inhibitor (B-1, D-2). These inhibitors are used in the inhibition of high concentrations of acid and acid solutions for the treatment of wells with high formation temperatures and pressures. The use of these inhibitors is effective. In addition, the low solubility of organic acids reduces the level of non-uniformity of the reaction front of the acid composition in the rock. Given the above description of the properties of organic acids, there is a practice of creating acid compositions based on hydrochloric acid with the addition of organic acids to achieve a moderate level of formation of highly permeable channels in ROM, which has a positive effect on increasing productivity. Organic acids have been used for bottomhole treatment in bottomholes for many years. Experience shows that the use of high-end

Based on the literature review, the use of different solutions for drilling and secondary opening of wells, we can draw the following conclusions: almost always the solutions have a negative impact on the filtration characteristics of the bottomhole zone, the quality of opening depends on the final productivity of production wells. Therefore, before the use of drilling fluids in the field it is necessary to conduct laboratory tests to determine their basic physicochemical parameters, as well as filtration properties in the geological, physical and technological conditions of the operational facility.

Based on the literature review, the direction of research was focused on the development of acid composition for sealed wells. It is also planned to study the main physical and chemical parameters of polymer drilling mud used in drilling wells in difficult mining and geological conditions of Poltava region. It is planned to investigate the effect of the filtrate of inhibited BR of different composition with the addition of different surfactant hydrophilizes. The second part of the experiment is based on the study of the effect of cleaning properties on the clay crust created by the proposed solution of hydrochloric acid with various additives, which will be developed during the experiment, on the FEC of reservoir rocks in clogged wells [15–17].

The application of well restoring technologies and increase of their return is currently carried out without special consideration of individual geological and physical characteristics of productive strata, as well as without taking into account the occurrence of man-made changes in the process of field development. The basic principles of restoring the productivity of wells clogged during drilling can be defined as:

- study of issues and analysis of the scientific substantiation of the rational production organization and the ability to use them in the study and design of the organization of production processes at the enterprises of the industry;

- study of innovative patterns of development and design principles of production organization in the oil and gas industry;

- acquisition of skills of development of projects of the organization based on auxiliary and service processes at the enterprises of branch.

Experimental studies will be conducted in accordance with the basic requirements for drilling fluids and acid compositions.

Conclusions of this study and prospects for further research in this area. Thus, the acid used to treat the formation should not cause the formation of insoluble precipitates. Also, for effective acid treatment, the composition used must have the following properties: slow reaction rate with rock-forming minerals, which is especially important at high formation temperatures; low interfacial tension at the boundary "hydrocarbon - acid composition"; had corrosive activity; compatibility with formation fluids; inhibitory effect on clays; manufacturability at application. Based on the literature review, the use of different solutions for drilling and secondary opening of wells, we can draw the following conclusions: almost always the solutions have a negative impact on the filtration characteristics of the bottomhole zone, the quality of opening depends on the final productivity of production wells. Therefore, before the use of drilling fluids in the field it is necessary to conduct laboratory tests to determine their basic physicochemical parameters, as well as filtration properties in the geological, physical and technological conditions of the operational facility.

Based on the literature review, the direction of research was focused on the development of acid composition for sealed wells. It is also planned to study the main physical and chemical parameters of polymer drilling mud used in drilling wells in difficult mining and geological conditions of Poltava region. It is planned to investigate the effect of the filtrate of inhibited BR of different composition with the addition of different surfactant hydrophobicizers. The second part of the experiment is based on the study of the effect of cleaning properties on the clay crust created by the proposed solution of hydrochloric acid with various additives, which will be developed during the experiment, on the FEC of reservoir rocks in clogged wells.

Experimental studies are conducted in accordance with the basic requirements for drilling fluids and acid compositions. The study enables to draw the following conclusions: many wells, as a result of drilling, overhaul of the well after prolonged operation do not give products due to complete or partial clogging. The disadvantage of acid solutions based on hydrochloric acid is the high speed of reaction and the difficulty of getting the acid to the reservoir through the clogging film. It is necessary to model and study the mechanisms of decompression, to develop an effective composition for the restoration of deep wells, to increase the channels, as well as to reduce the corrosive effect. Many acid components and cleaning materials are known, but for specific conditions of depth and composition of the rock

it is necessary to develop an individual formulation of process fluids and technologies for processing PZP and restoring well productivity.

References

1. Rady, A. Iron Precipitation in Calcite, Dolomite and Sandstone Cores [Electronic resource] / A. Rady, H.A. Nasr-El-Din. *SPE Russian Petroleum Technology Conference*. 2015. Access mode: <https://doi.org/10.2118/176574-RU>
2. Saber, Mohamed R. A New Technique to Increase the Performance of Organic Acids to Stimulate Carbonate Reservoirs at High Acid Concentrations [Electronic resource] / Saber Mohamed.R, Ahmed I. Rabie and H.A. Nasr-El-Din//*SPE* 175192. 2015. Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/175192-MS>
3. Sarma, D.K. Application of Self-Diverting Acid System for Stimulation of Multilayered Wells in Carbonate Reservoir: A Case Study [electronic resource] / D.K.Sarma., Y.R.L.Rao., B.Mandal and P.K.Bhargava. *SPE 154554, SPE oil and gas India conference and exhibition*. 2012. Access mode: <https://doi.org/10.2118/154554-MS>
4. Sayed, M. A. A New Emulsified Acid to Stimulate Deep Wells in Carbonate Reservoirs: Coreflood and Acid Reaction Studies [Electronic resource] / M. A. Sayed., H. A. Nasr-El-Din., J. Zhou., L.Zhang and S. Holt. *SPE 151062, The North Africa Technical Conference and Exhibition*. 2012. Access mode: <https://doi.org/10.2118/151062-MS>
5. Sayed, M. A. A New Emulsified Acid to Stimulate Deep Wells in Carbonate Reservoirs [Electronic resource] / M. A. Sayed., H. A. Nasr-El-Din., J. Zhou., S. Holt and H. Al-Malki. *SPE 151061, international symposium and exhibition on formation damage control*. 2012. Access mode: <https://doi.org/10.2118/151061-MS>
6. Sayed, M. A. Reaction Rate of Emulsified Acids and Dolomite [Электронный ресурс] / M. A. Sayed and H. A. Nasr-El-Din. *SPE 151815, international symposium and exhibition on formation damage control*. 2012. Access mode: <https://doi.org/10.2118/151815-MS>
7. Kotskulich Ya. S. Analysis of the efficiency of industrial beds for the primary development of productive layers. Scientific Bulletin of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. 2012. No. 1. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvif_2012_1_5..
8. Rudy M.I. Technologies of action on the bottomhole zone of the formation of production wells with the use of surfactants. Oil and gas industry. 2009. № 1. p. 45–48.
9. Dmytrenko, V. I., & Zezekalo, I. H. Influence of ammonium carbon dioxide salts on the filtration properties of rocks in the bottomhole zone of the formation. Prospecting and development of oil and gas fields, (1 (70), 70-76. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-1\(70\)-70-76](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-1(70)-70-76)
10. Rabie, A.I. Sodium Gluconate as a New Environmentally Friendly Iron Controlling Agent for HP/HT Acidizing Treatments [Электронный ресурс] / A.I. Rabie, H.A. N. ElDin. *SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference*. 2015. Access mode: <https://doi.org/10.2118/172640-MS>
11. Mikhailov VA Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine. Book VIII. Theoretical substantiation of resources of unconventional hydrocarbons of sedimentary basins of Ukraine. K.: NIKA-CENTER, 2014. 280 p.
12. Nitters, G. Structured Approach to Advanced Candidate Selection and Treatment Design of Stimulation Treatments [Electronic resource] / G.Nitters, L.Roodhart,

- H.Jongma,V.Yeager,M.Buijse,D.Fulton,J.Dahl and E.Jantz. SPE 63179. 2000. Access mode: <https://doi.org/10.2118/63179-MS>
13. Rabie, A.I. Effect of Acid Additives on The Reaction of Stimulating Fluids During Acidizing Treatments [Electronic access] / Ahmed I. Rabie and H.A. Nasr-El-Din. SPE 175827. 2015. Access mode: <https://doi.org/10.2118/175827-MS>
 14. Зезекало І.Г., Іваницька І.О., Агейчева О.О. Основні принципи відновлення продуктивності свердловин заколюматованих у процесах буріння та експлуатації методом кислотних обробок. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – № 6 (1360). – С. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
 15. Агейчева О.О., Зезекало І.Г., Бухкало С.І. Загальні системи аналізу віддачі пластів свердловин. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 103.
 16. Зезекало І.Г., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Деякі задачі з підвищення віддачі пластів свердловини. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 149.
 17. Svitlana BUKHKALO. The systems and models for complex polymer solid waste. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 114.
 6. Sayed, M. A. Reaction Rate of Emulsified Acids and Dolomite [Electronic resource] / M. A. Sayed and H. A. Nasr-El-Din. SPE 151815, international symposium and exhibition on formation damage control. 2012. Access mode: <https://doi.org/10.2118/151815-MS>
 7. Kotskulych Ya. S. Analiz efektyvnosti promyvalnykh ridyn dlia pervynnoho rozkryttia produktyvnykh plastiv. Naukovyi visnyk Ivano-Frankivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu. 2012. № 1. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvif_2012_1_5.
 8. Rudyi M.I. Tekhnolohii dii na pry vybiinu zonu plasta vydobuvnykh sverdllovyn iz vykorystanniam poverkhnevo-aktyvnykh rehovyn. Naftova i hazova promyslovist. 2009. № 1. S. 45-48.
 9. Dmytrenko, V. I., & Zezekalo, I. H. Vplyv vuhlekyslotnykh solei amonii na filtratsiini vlastyvoli porid pryvybiinoi zony plasta. Prospecting and development of oil and gas fields, (1(70), 70-76. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-1\(70\)-70-76](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-1(70)-70-76)
 10. Rabie, A.I. Sodium Gluconate as a New Environmentally Friendly Iron Controlling Agent for HP/HT Acidizing Treatments [Електронний ресурс] / A.I. Rabie, H.A. N. ElDin. SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference. 2015. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/172640-MS>
 11. Mykhailov V. A. Netradytsiini dzhherela vuhlevodniv Ukrainy. Knyha VIII. Teoretychne obgruntuvannia resursiv netradytsiinykh vuhlevodniv osadovykh basiniv Ukrainy. K.: NIKA-TsENTR, 2014. 280 s.
 12. Nitters, G. Structured Approach to Advanced Candidate Selection and Treatment Design of Stimulation Treatments [Electronic resource] /G.Nitters, L.Roodhart, H.Jongma,V.Yeager,M.Buijse,D.Fulton,J.Dahl and E.Jantz. SPE 63179. 2000. Access mode: <https://doi.org/10.2118/63179-MS>
 13. Rabie, A.I. Effect of Acid Additives on The Reaction of Stimulating Fluids During Acidizing Treatments [Electronic mode] / Ahmed I. Rabie and H.A. Nasr-El-Din. SPE 175827. 2015. Access: <https://doi.org/10.2118/175827-MS>
 14. Zezekalo I.G., Ivanic'ka I.O., Agejcheva O.O. Osnovni principi vidnovlennja produktivnosti sverdllovyn zakol'matovanih u procesah burinnja ta ekspluatacij metodom kislotnih obrobok. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 6 (1360), – pp. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
 15. Agejcheva O.O., Zezekalo I.G., Buhkalo S.I. Zagal'ni sistemi analizu viddachi plastiv sverdllovyn. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 103.
 16. Zezekalo I.G., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Dejaki zadachi z pidvishennja viddachi plastiv sverdllovini. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 149.
 17. Svitlana BUKHKALO. The systems and models for complex polymer solid waste. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 114.

References (transliterated)

1. Rady, A. Iron Precipitation in Calcite, Dolomite and Sandstone Cores [Electronic resource] / A. Rady, H.A. Nasr-El-Din. SPE Russian Petroleum Technology Conference. 2015. Access mode: <https://doi.org/10.2118/176574-RU>
2. Saber, Mohamed R. A New Technique to Increase the Performance of Organic Acids to Stimulate Carbonate Reservoirs at High Acid Concentrations[Electronic resource] / Saber Mohamed.R, Ahmed I. Rabie and H.A. Nasr-El-Din/SPE 175192. 2015. Access mode: <https://doi.org/10.2118/175192-MS>
3. Sarma,D.K. Application of Self-Diverting Acid System for Stimulation of Multilayered Wells in Carbonate Reservoir: A Case Study [Electronic resource] / D.K.Sarma., Y.R.L.Rao., B.Mandal and P.K.Bhargava. SPE 154554, SPE oil and gas India conference and exhibition. 2012. Access: <https://doi.org/10.2118/154554-MS>
4. Sayed, M. A. A New Emulsified Acid to Stimulate Deep Wells in Carbonate Reservoirs: Coreflood and Acid Reaction Studies [Electronic resource] / M. A. Sayed., H. A. Nasr-El-Din., J. Zhou., L.Zhang and S. Holt. SPE 151062, The North Africa Technical Conference and Exhibition. 2012. Access mode: <https://doi.org/10.2118/151062-MS>
5. Sayed, M. A. A New Emulsified Acid to Stimulate Deep Wells in Carbonate Reservoirs [Electronic resource] / M. A. Sayed., H. A. Nasr-El-Din., J. Zhou., S. Holt and H. Al-Malki. SPE 151061, international symposium and exhibition on formation damage control. 2012. Access mode: <https://doi.org/10.2118/151061-MS>

Надійшла (received) 19.05.2021

Зезекало Іван Гаврилович (Зезекало Иван Гаврилович, Zezekalo Ivan Havrylovych) – доктор технічних наук, професор кафедри нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

e-mail: 2012nadra@gmail.com

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhkalov Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>;

e-mail: bis.khr@gmail.com

Іваницька Ірина Олександрівна (Иваницкая Ирина Александровна, Ivanytska Iryna Oleksandrivna) – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та хімії, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

e-mail: irina.ivanytska@gmail.com

Агейчева Олександра Олександрівна (Агейчева Олександра Олександрівна, Aheicheva Oleksandra Oleksandrivna) – аспірант, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0140-9604>; e-mail: ageicheva@ukr.net

І. Г. ЗЕЗЕКАЛО, С. І. БУХКАЛО, І. О. ІВАНИЦЬКА, О. О. АГЕЙЧЕВА

АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КИСЛОТНИХ ОБРОБОК ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ РОБОЧИХ АГЕНТІВ

Проаналізовано причини зниження проникності, що відбувається в процесі спорудження свердловини та її експлуатації. Визначено причини зниження проникності призабойної зони пласта порід-колекторів, що відбуваються під час процесів: буріння, цементування, вторинного розкриття та освоєння свердловин. Досліджено та проаналізовано основні принципи проведення кислотної обробки для інтенсифікації видобутку вуглеводневої сировини закольматованих продуктивних пластів в процесі їх буріння. Наведено рішення для кислотної обробки. Розглянуто спеціалізовані продукти для стимуляції. Проведено аналіз підвищення якості кислотних обробок за рахунок використання нових робочих агентів й удосконалення технології проведення: представлено наукове обґрунтування алгоритму програми реалізації можливого впливу для конкретних геолого-фізичних умов свердловини; визначено та проаналізовано системи геолого-технологічних факторів, що впливають на фільтраційні властивості колекторів; виявленні особливості різновидів розробки і адаптація композицій хімічних реагентів для конкретних умов пласта; визначена можливість проведення експериментальних досліджень по розробці і адаптації композицій хімічних реагентів і технологій впливу в процесах підвищення продуктивності і глушіння свердловин стосовно конкретних геолого-фізичних умов.

Ключові слова: привибійна зона пласта, соляно-кислотна обробка, хімічні методи, забруднення.

И. Г. ЗЕЗЕКАЛО, С. И. БУХКАЛО, И. А. ИВАНИЦКАЯ, А. А. АГЕЙЧЕВА

АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ РАБОЧИХ АГЕНТОВ

Проанализированы причины снижения проницаемости, что происходит в процессе сооружения скважины и эксплуатации. Определены причины снижения проницаемости призабойной зоны пласта пород-коллекторов, происходящие в процессе бурения, цементирования, вторичного вскрытия и освоения скважин. Исследованы основные принципы проведения кислотной обработки для интенсификации добычи углеводородного сырья закольматированных продуктивных пластов в процессе их бурения. Приведены решения для кислотной обработки. Рассмотрены специализированные продукты для стимуляции. Проведен анализ повышения качества кислотных обработок за счет использования новых рабочих агентов и совершенствование технологии проведения: представлено научное обоснование алгоритма программы реализации возможного влияния для конкретных геолого-физических условий скважины; определены и проанализированы системы геолого-технологических факторов, влияющих на фильтрационные свойства коллекторов выявлении особенности разновидностей разработки и адаптация композиций химических реагентов для конкретных условий пласта; определена возможность проведения экспериментальных исследований по разработке и адаптации композиций химических реагентов и технологий воздействия в процессах повышения производительности и глушения скважин применительно к конкретным геолого-физическим условиям.

Ключевые слова: призабойная зона пласта, соляно-кислотная обработка, химические методы, загрязнение.

*О. С. ГЕТТА***ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СТИЧНИХ ВОД ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ
ОЗОНУВАННЯМ ШЛЯХОМ ОЧИЩЕННЯ (ЗНЕЗАРАЖЕННЯ)**

Розглядається сучасний метод знезараження бактерій стічних вод виробництва картопляних чіпсів озонуванням, для повторного використання стічних вод. У стічні води під час миття овочем, а також після – під час очищення, нарізки та підготовки до переробки, потрапляють соки овочів, які переробляються. Це призводить до підвищення БСК та ХСК стічної води, що потребує очищення. Якщо вода потрапляє в каналізацію, то показники ХСК та БСК повинні відповідати встановленим нормам до водовідведення. Інакше виникає ситуація, коли розкладання органічних речовин. Очищення від органічних домішок на міських спорудах здійснюється з використанням біологічних методів очищення, що практично неможливо використати на території діючого промислового підприємства. У статті розглянутий аналіз літературних даних та відомостей про метод озонування. Дослідження виконувались на модельних стічних водах, які містили завислі речовини, БПК (біологічне споживання кисню), ХСК (хімічне споживання кисню) та ЗМЧ (загальне мікробне число) в кількості, яка відповідала усередненому вмісту цих показників у реальних стічних водах на підприємствах після миття овочем. Для вторинного використання стічної води у виробництві необхідно не тільки її очистити від завислих часток до стану прозорої води, але й передбачити можливість розвитку небажаних мікробіологічних процесів внаслідок біологічного розкладання розчинних органічних речовин. Наслідки забруднення можуть бути дуже різноманітними для здоров'я людини. Це обумовлює необхідність пошуку методів ефективного знезараження очищеної циркулюючої води. І як результат досліджень виявив, що озонування потрібно застосовувати для знезараження бактерій.

Ключові слова: стічні води підприємств харчової промисловості, негативний вплив на навколишнє природне середовище, озон, озонування, генератор озону.

Вступ. Харчове виробництво відіграє важливу роль в житті кожної людини і є найважливішою й життєво необхідною галуззю не тільки в Україні, а і у всьому світі, що забезпечує харчову безпеку, формує структуру експортної торгівлі, сприяє розвитку інших галузей промисловості.[1] Однією із серйозних екологічних проблем на підприємствах харчової промисловості є очищення стоків, зокрема стічних вод. Адже відпрацьовані стічні води харчових підприємств відрізняються високими концентраціями різних органічних забруднень (жири, білки, крохмаль, цукор і т. д.). Для таких стічних вод характерні високі показники хімічного споживання кисню (ХСК), біологічного споживання кисню (БСК), завислих речовин, жирів і можливість розвитку небажаних мікробіологічних процесів внаслідок біологічного розкладання розчинних органічних речовин.

На підприємстві картопляних виробів у стічні води під час миття овочів, а також після – під час очищення, нарізки та підготовки до переробки, потрапляють соки овочів, які переробляються. Це призводить до підвищення БСК та ХСК стічної води, що потребує очищення. Та потребує необхідного знезараження очищеної циркулюючої води. Тому, що скидання у водойми недостатньо очищених і знезаражених стічних вод, харчової промисловості в складі яких можуть існувати різні промислові і інфекційні забруднення, які в свою чергу сприяють виникненню різних захворювань, як серед людей, так і тваринного світу.[2]

Реальні стічні води окрім завислих ґрунтових часток містять органічні розчинні речовини за рахунок потрапляння соку овочів. Це призводить до підвищення ХСК та БСК у стічній воді. У зв'язку з цим, під час досліджень зміни цих показників у модельні зразки додавали соки овочів.

Аналіз літературних даних та відомості про метод озонування.

Аналіз літературних джерел показав, що одним із ефективних і найбільш застосовуваних методів являється метод озонування. В даний час більше 1000 водопровідних станцій в Європі, в основному у Франції, Німеччині та Швейцарії, застосовують озонування як складову частину загального технологічного процесу. Останнім часом озонування стали використовувати в Японії і США. [2, 3] Озон володіє високим електродним потенціалом, тобто є активною сполукою і окисляє органічні і неорганічні забруднювачі води, мікроорганізми які також не є винятком. Розчинення озону в воді сприяє двом основним процесам - окислення і дезінфекції. Як наслідок процесу, спостерігається значне збільшення розчиненого кисню. [4, 5]

Широке застосування озону обумовлено його особливістю до швидкого розкладання у воді. В процесі обробки води озоном відбувається розкладання органічних речовин і знезараження води, при цьому, бактерії гинуть в кілька тисяч разів швидше, ніж при обробці води методом хлорування, який в свою чергу є головним недоліком цього методу хлорування, є утворення хлорорганічних сполук, які мають високу токсичність. У порівнянні з іншими окиснювачами, озон має такі переваги як можливість отримання безпосередньо на очисних установках, причому сировиною може служити технічний кисень або атмосферне повітря. [6]

Молекула озону нестабільна, має єдину пов'язану систему зв'язків. На повітрі молекула розпадається на двоатомний і атомарний кисень. Озон надає на воду бактерицидну дію, дезодорує, очищає від нітросполук, канцерогенів. Серед переваг

© Гетта О.С., 2021

озонування можна виділити: знищення всіх відомих вірусів, бактерій та інших мікроорганізмів; видалення неприємних запахів і присмаків; високу швидкість дії; вплив озону не впливає на кислотність води, а також не змінює.[9, 10]

Озон покращує органолептичні властивості води; усуває кольоровість і сторонні запахи, які при хлоруванні не видаляються, зокрема, запахи нафти і нафтопродуктів; інактивує деякі пестициди і канцерогенні вуглеводні. Надмірна кількість озону не накопичується у воді, тому швидко розпадається з утворенням молекулярного кисню. Доза озону, необхідна для знезараження води, дорівнює 0,8-4 мг/л залежно від якості води, її температури, ступеня мінералізації, вмісту гумінових речовин. [11, 12]

Опис експериментального стенду озонування.

Виходячи із всіх достатків метод являється одним з найперспективніших методів знезараження домішок, які містяться в стічних водах, є озонування. Для проведення озонування стічних вод використовували:

- 1) генератор озону;
- 2) повітряно замкнутий контур (для безпечного знаходження людей у приміщенні з генератором озону);
- 3) датчики озону для контролю за його концентрацією;
- 4) підготовлена стічна вода або модельні зразки стічної води;
- 5) вибрана концентрація;
- 6) використання рН метра, водневий показник;
- 7) мірний посуд.

Для очищення розчину від мікроорганізмів застосовувалося озono-повітряна суміш, що генерується озонатором OG-107 (розробка кафедр Промислової та біомедичної електроніки, НТУ «ХП»).

Для проведення процедури озонування та дезінфекції використовувався генератор озону OG-107, розроблений вченими і фахівцями Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Синтез озону з повітря в генераторі озону здійснюється електрофізичних методом, що складається в створенні об'ємного бар'єрного розряду в газовому проміжку розрядної камери коаксіального типу. Концентрація озону в озono-повітряної суміші регулюється в діапазоні від 0,1 до 10 мг / л при допустимому відхиленні не більше 10%. Витрата озono-повітряної суміші регулюється в діапазоні від 0,1 до 1 л / хв і залишається стабільним при зміні тиску на вході озонатора від 200 до 600 кПа. При цьому, для підтвердження показників концентрації озону в озono-повітряної суміші застосовувався оптичний газоаналізатор озону «Циклон-5.31», виробництва ЗАТ «ОПТЕК», м. Санкт-Петербург. Витрата озонованої суміші визначався показаннями вимірювального ротаметра. Необхідно відзначити що позитивний ефект від озонування залежить не тільки

від концентрації озону в озono-повітряної суміші, але також і від часу впливу на стічну воду, температури такої води і її кислотності. Для внесення і взаємодії озono-повітряної суміші і розчину картопляного соку використовували однопроточну схему.

Методика очищення стічних вод озонуванням.

Для імітації забрудненої води в результаті промислової обробки картоплі, використовувалася суміш водопровідної води, картопляного соку та ґрунту. Пропорція цієї суміші становить 250 гр. картопляного соку і 50 гр. ґрунту і, які були розмішені в 6 л. води, набраної з водопровідної системи. Після ретельного перемішування отриманого розчину (рис. 1) який був відстояний протязі 24 годин для надання йому максимальної схожості зі стічною водою з виробництва.



Рис. 1. Зразок модельної стічної води

В результаті даних дій виходить суміш, найбільш наближена за своїми характеристиками (рН, каламутність, запах) до реальних відходів стічної води при виробництві чіпсів. Для проведення експерименту очищення стічних вод озонуванням використовувались модельні зразки стічної води, приготовлені за методикою, яка є вище описана. Концентрація озону в дослідях коливалась від 1 мг/л до 3,4 мг/л. Час обробки зразків складав від 5 хвилин до 30 хвилин.

Після озонування зразків стічної води визначалася зміна показників ХСК, БСК та ЗМЧ. Для кожного із зразків після озонування вимірювався параметр кислотно-лужного балансу рН (див. рис. 2, а, б). Для визначення ступеня очищення та можливості використання очищеної води у зразках визначались наступні показники: БСК₅, ХСК та загальне мікробне число. Об'єктом дослідження були зміни сапрофітних бактерій в стічній воді до та після оброблення озонуванням та фізико-хімічний аналіз проби стічної води, який характеризують чистоту отриманих зразків. Біохімічне споживання кисню (БСК₅), ХСК

та загальне мікробне число визначали за загальноприйнятою методикою. [7, 8]

У таблиці 1 приведенні результати інтенсивності обробки.



а



б

Рис. 2. Схема озонування стічної води під час проведення досліджень:
а – фотографія озонаторного стенду; б – фотографія обробки озonom дослідного зразка

Таблиця 1. Результати дослідження впливу на БСК, ХСК та ЗМЧ

Час, хв	Інтенсивність обробки, мг/л								
	БСК			ХСК			ЗМЧ		
	1	2,2	3,4	1	2,2	3,4	1	2,2	3,4
0	3250	3250	3250	8100	8100	8100	156	156	156
5	2900	2650	2300	6730	6000	5940	24,8	17,4	12,95
10	1740	1370	1220	3700	3060	2110	22,1	16,5	12,87
15	1120	950	860	1980	1920	1890	18,7	15,3	12,8
20	980	870	810	1940	1870	1780	17,9	14,4	12,7
25	870	840	790	1890	1810	1730	15,8	13,2	12,65
30	830	810	780	1840	1770	1710	14,1	13,6	12,6

Аналіз результатів дослідження озонування стічної води З отриманих результатів експерименту, що графічно представлені на рисунку 3 впливає той факт, що концентрація озону впливає значно сильніше ніж час обробки, а також для менших концентрацій бачимо, що після 5 хвилин обробки

починається різке зменшення показників ЗМЧ. На основі представленого графіку було отримано рівняння що описує динаміку зміни ЗМЧ.

$$\text{ЗМЧ} = 24,7199 - 0,201 \cdot x - 2,5576 \cdot y \quad (1)$$

де x – час обробки, хвилин; y – витрата озону, мг/л.

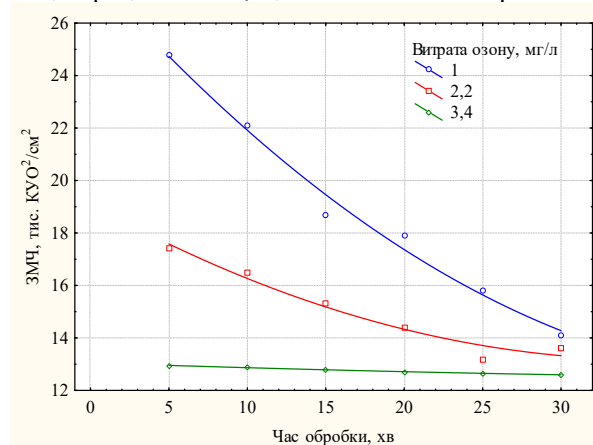


Рис.3. Залежність загального мікробного числа від часу обробки при конкретній концентрації озону

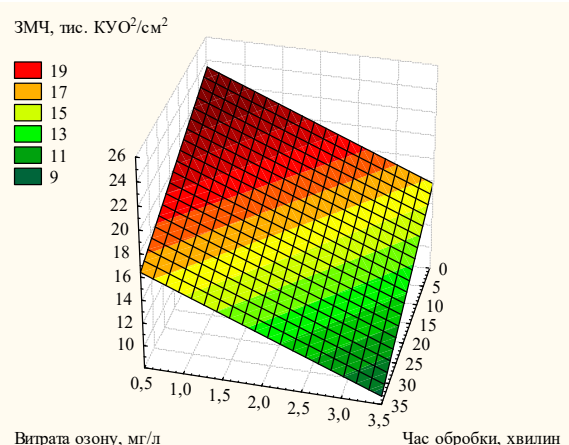


Рис.4. Графічна візуалізація залежності (1)

На основі отриманої моделі зміни ЗМЧ було зроблена модернізація моделі. (див.рис.4).

Далі було досліджено зміну показників ХСК під час обробки зразків озоном, та представлені у графічному вигляді на рисунку 5.

З отриманих графіків можна зробити висновок що на зміну показника ХСК більший вплив має значення часу обробки. При різних концентраціях озону спостерігається різке зменшення ХСК на протязі перших 15 хвилин обробки, після чого значення стає не змінним протягом подальшої

обробки озоном. Як і у попередньому пункті було отримано рівняння зміни показників.

$$ХСК = 9051,7262 - 619,2024 \cdot x - 305,4563 \cdot y + 12,946 \cdot x^2 + 9,2262 \cdot x \cdot y - 6,9444 \cdot y^2 \quad (2)$$

де, x – час обробки, хвилин;

y – витрата озону, мг/л.

На основі отриманої моделі зміни ХСК було зроблена модернізація моделі, яка представлена на рисунку 6.

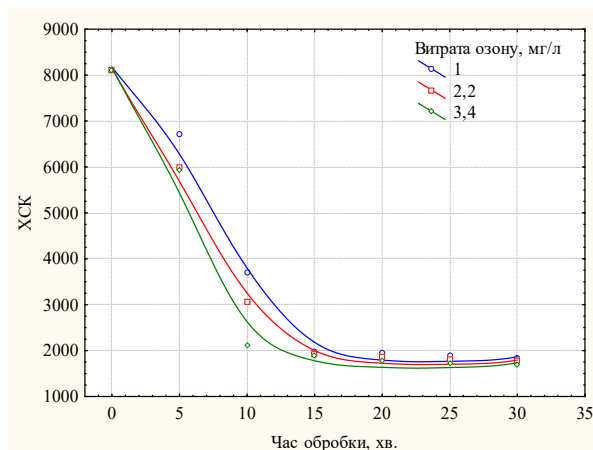


Рис. 5. Залежність показника хімічного споживання кисню від часу обробки при конкретній концентрації озону

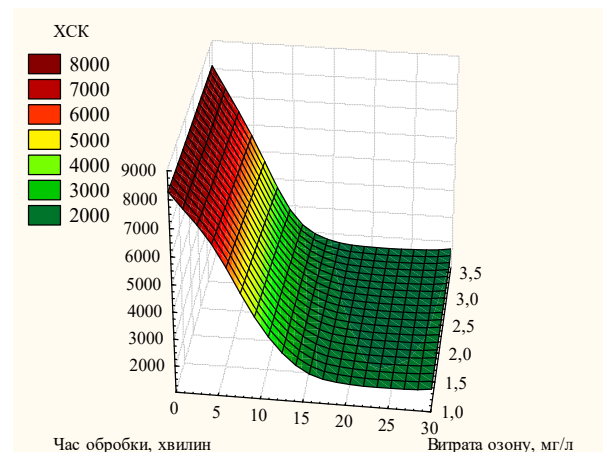


Рис. 6. Графічна візуалізація залежності (2)

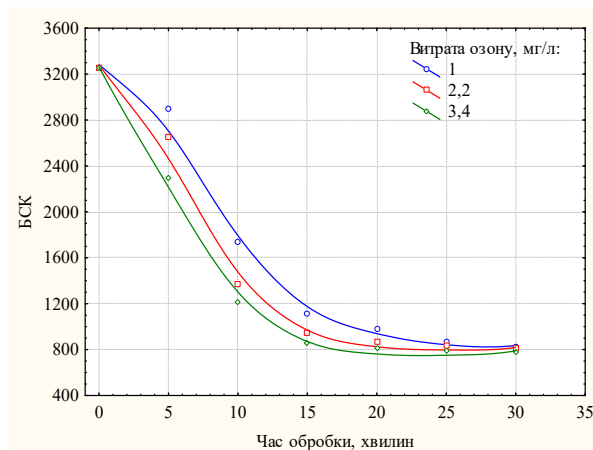


Рис. 7. Залежність показника біологічного споживання кисню від часу обробки при конкретній концентрації озону

На рисунку 7 представлено зміну показника БСК. З отриманого рисунку видно що динаміка показника повторює динаміку показника ХСК. Було отримано рівняння зміни показників.

$$БСК = 3753,544 - 227,5813 \cdot x - 232,0465 \cdot y + 4,5476 \cdot x^2 + 4,5653 \cdot x \cdot y + 15,7726 \cdot y^2$$

де x – час обробки, хвилин; y – витрата озону, мг/л.

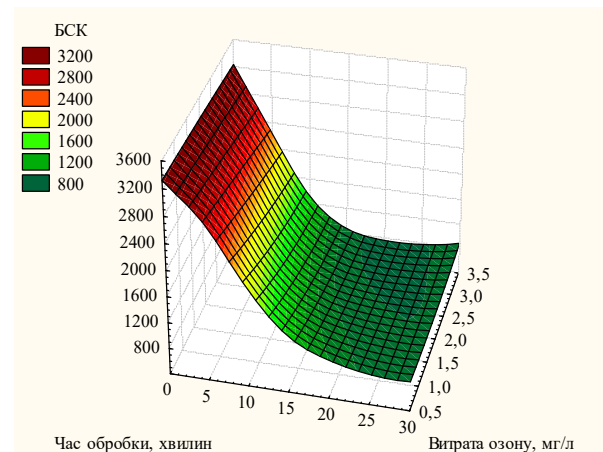


Рис. 8. Графічна візуалізація залежності (3)

На основі отриманої моделі зміни БСК було зроблена модернізація моделі, яка представлена на рисунку 8. В таблиці 1 представлені результати дослідження БСК, ХСК та ЗМЧ.

(3) Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок що озонування суттєво знижує число ЗМЧ, БСК, ХСК, але не дозволяє очистити стічну воду до норм водовідведення.

Проведені дослідження вказують на необхідність попередньої обробки стічної води – попередню очистку, а саме фізико-хімічним методом зі застосуванням коагулянтів та флокулянтів. Цей метод у комбінації з механічною очисткою утворених агрегатів (пластівців, флокул) дозволяє забезпечити високу ступінь очищення від нерозчинених домішок, зважених речовин, що містяться у високих концентраціях і є характерними для підприємств даної галузі.

Проте озонування можливо застосовувати для остаточного знезараження попередньо очищеної стічної води від бактерій та доочищення від органічних домішок

Список літератури

1. Пилипенко О.Є. Розвиток харчової промисловості України / О. Є. Пилипенко // Наукові праці НУХТ 2017. – Том 23. – № 3. – С. 15–25.
2. Долина Л.Ф. Новые методы и оборудование для обеззараживания сточных вод и природных водю – Днепропетровск: Континент, 2003. – 218 с.
3. Гончарук ВВ., Потапченко Н.Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды. Химия и технология воды. 1998, т. 20, №2, – с. 190–213.
4. Поспелов, М.В. Образование симметричных диоксидалкилперекисей при озонировании а-олефинов в присутствии воды / М.В. Поспелов // ЖОХ. 1978. Т. 14, – с. 247–251.
5. Разумовский, С.Д., Заиков Г.Е. Кинетика и механизм реакций озона сароматическими углеводородами / С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков // Изв. АН СССР, сер. хим. 1971, – с. 2657.
6. Новые подходы в области очистки промышленных сточных / Радченко Н.Л. с.н.с. Институт технічної теплофізики НАН України (ІТТФ), м. Київ. // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. 2015. – Вип. 47(1), – с. 52–57. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2015_47%281%29_12
7. Утевский Н.Л. Микробиология с техникой микробиологических исследований. М., Медицина, 1975, 471 с.
8. Драчев С. М., Разумов А. С., Бруевич С. В. и др. Методы химического и бактериологического анализа воды. М: Медгиз, 1953, 280 с.
9. Изучение методов очистки сточных вод. Rostvinskaya Veronika Sergeevna. Журнал «Трибуна ученого» Выпуск 07/2020 <https://tribune-scientists.ru>
10. Долінський А.А. Современные методы очистки и нейтрализации промышленных стоков / Долінський А.А., Шурчкова Ю.О., Радченко Н.Л. // Промышленная теплотехника . 2014. – Т. 36, №6, – с. 89–106с
11. Ю.Ф. Эль Концептуальные изменения в технологиях очистки сточных вод / Ю. Ф. Эль, Ю.И. Решетиллов // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. – №5, – с.5–63.
12. Кожин В.Ф., Кожин И.В. Озонирование воды. М., Стройиздат.1974. 159 с.

Bibliography (transliterated)

1. Pilipenko O.E. Rozvitok harchovoї promislovosti Ukraїni / O. E. Pilipenko // Naukovi praci NUHT 2017. – Tom 23. – № 3, – pp. 15–25.
2. Dolina L.F. Novye metody i oborudovanie dlja obezzarazhivaniya stochnyh vod i prirodnyh vodju – Dnepropetrovsk: Kontinent, 2003. – 218 p.
3. Goncharuk VV., Potapchenko N.G. Sovremennoe so stojanie problemy obezzarazhivaniya vody. Himija i tehnologija vody. 1998, t. 20, №2, – pp. 190–213.
4. Pospelov, M.V. Obrazovanie simmetrichnyh dioksidialkilperekisej pri ozonirovanii a-olefinov v prisutstvii vody / M.V. Pospelov // ZhOH. 1978. T. 14, – pp. 247–251.
5. Razumovskij, S.D., Zaikov G.E. Kinetika i mehanizm reakcij ozona saromaticeskimi uglevodorodami / S.D. Razumovskij, G.E. Zaikov // Izv. ANSSSR, ser. him. 1971, – pp. 2657.
6. Novye podhody v oblasti ochistki promyshlennyh stochnyh / Radchenko N.L. с.н.с. Institut tehničnoї teplofiziki NAN Ukraїni (ITTF), m. Kiїv. // Naukovi praci [Odes'koї nacional'noї akademii harchovih tehnologij]. 2015. – Vip. 47(1), – pp. 52–57. - Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2015_47%281%29_12
7. Utevsij N.L. Mikrobiologija s tehnikoj mikrobiologicheskikh issledovanij. M., Medicina, 1975, – 471 p.
8. Drachev S. M., Razumov A. S., Bruevich S. V. i dr. Metody himicheskogo i bakteriologicheskogo analiza vody. M: Medgiz, 1953, 280 p.
9. Izuchenie metodov ochistki stochnyh vod. Rostvinskaya Veronika Sergeevna. Zhurnal «Tribuna uchenogo» Vypusk 07/2020 <https://tribune-scientists.ru>
10. Dolins'kij A.A. Sovremennye metody ochistki i nejtralizacii promyshlennyh stokov / Dolins'kij A.A., Shurchkova Ju.O., Radchenko N.L. // Promyshlennaja teplotehnika. 2014. – T. 36, №6, – pp. 89–106.
11. Ju.F. Jel' Konceptual'nye izmenenija v tehnologijah ochistki stochnyh vod / Ju. F. Jel', Ju.I. Reshetilov // Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. 2009. – №5, – pp. 5–63.
12. Kozhinov V.F., Kozhinov I.V. Ozonirovanie vody. M., Strojizdat.1974. 159 p.

Надійшла (received) 19.05.2021

Гетта Оксана Сергіївна (Гетта Оксана Сергеевна, Hetta Oksana) Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірантка вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна 61002, e-mail: oksanagetta21@gmail.com. ORCID:0000-0002-1762-6953

HETTA OKSANA

IMPROVING ENVIRONMENTAL SAFETY BY TREATING (DISINFECTING) WASTEWATER FROM FOOD PRODUCTION BY OZONATION.

The modern method of disinfection of bacteria of sewage of production of potato chips by ozonation, for reuse of sewage is considered. Vegetable juices, which are processed, enter the wastewater during washing with vegetables, as well as after - during cleaning, cutting and preparation for processing. This increases the BOD and COD of the wastewater in need of treatment. If water enters the sewer, the indicators of COD and BOD must comply with the established norms in drainage. Otherwise there is a situation when the decomposition of organic matter. Cleaning from impurities on city constructions is carried out with use of biological methods of cleaning, it is practically impossible to use in the territory of the operating industrial enterprise. The analysis of literature data and information on the ozonation method is considered. The studies were performed on model wastewater containing suspended solids, BOD (biological oxygen demand), COD (chemical oxygen demand) and OMC (total microbial count) in quantities that corresponded to the average content of these indicators in real wastewater in enterprises after washing vegetables for secondary. The use of wastewater in production must not only be treated from suspended particles to a state of clear water, but also to provide for the possibility of undesirable microbiological processes as a result of biological decomposition of soluble organic substances. The consequences of pollution can be very diverse for human health disinfection of purified circulating water. And as a result of research found ozonation should be used to disinfect bacteria

Key words: wastewater of food industry enterprises, negative impact on the environment, ozone, ozonation, ozone generato

O. S. HETTA

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПУТЕМ ОЧИСТКИ (ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ) СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ОЗОНИРОВАНИЕМ

Рассматривается современный метод обеззараживания бактерий сточных вод производства картофельных чипсов озонированием, для повторного использования сточных вод. В сточные воды во время мытья овощей, а также после - во время очистки, резки и подготовки к переработке, попадают соки овощей, которые перерабатываются. Это приводит к повышению БПК и ХПК сточной воды нуждаются очистки. Если вода попадает в канализацию, то показатели ХПК и БПК должны соответствовать установленным нормам водоотведения. Иначе возникает ситуация, когда разложение органических веществ. Очистки от примесей на городских сооружениях осуществляется с использованием биологических методов очистки, практически невозможно использовать на территории действующего промышленного предприятия. Рассмотрен анализ литературных данных и сведений о методе озонирования. Исследования выполнялись на модельных сточных водах, содержащих взвешенные вещества, БПК (биологическое потребление кислорода), ХПК (химическое потребление кислорода) и ОМЧ (общее микробное число) в количестве, отвечающего усредненному содержанию этих показателей в реальных сточных водах на предприятиях после мытья овощей для вторичного использования сточной воды в производстве необходимо не только ее очистить от взвешенных частиц до состояния прозрачной воды, но и предусмотреть возможность развития нежелательных микробиологических процессов в результате биологического разложения растворимых органических веществ. Последствия загрязнения могут быть очень разнообразными для здоровья человека. Это обуславливает необходимость поиска методов эффективного обеззараживания очищенной циркулирующей воды. И как результат исследований обнаружил озонирование нужно применять для обеззараживания бактерий

Ключевые слова: сточные воды предприятий пищевой промышленности, негативное влияние на окружающую среду, озон, озонирование, генератор озона.

O. P. PRISHCHENKO, T. T. CHERNOGOR**APPLICATION OF ELEMENTS OF STUDYING THE FUNCTION OF ONE VARIABLE WHEN SOLVING CHEMICAL PROBLEMS**

In the article some problems are examined with chemical maintenance, for the decision of that the elements of research of function one variable are used. A course of higher mathematics is basis of physical and mathematical training of specialists-chemists of university profile. The primary purpose of teaching of educational discipline "Higher mathematics" is preparation of students to using of modern mathematical vehicle as an effective instrument for the decision of scientific and practical problems in area of chemical and contiguous disciplines. Mathematics for chemical engineers is primarily a useful tool for solving many chemical engineering problems and tasks. It is difficult to find a branch of mathematics that is not at all used to solve these problems at all stages of their analysis. As a result of study of higher mathematics a student must know the methods of mathematical analysis in application to one function and a few real variables. Many chemical phenomena are described through functional dependence. At the study of chemical processes, it is necessary to use research elements functions of one variable, the exposure of properties of function, characterizing her different internals, behaves to that. In practical classes in higher mathematics, when considering the topic 'Derivative and its applications', it is often necessary to solve problems of a general nature. But for students of chemical specialties, tasks that are directly related to their profession are of greater interest. Thus, considering tasks similar to those given in this article, we will increase the interest and motivation of future specialists to study this material.

Keywords: function, function of one variable, stationary points, graph of a function, dynamic equilibrium, reaction rate, kinetic equation, Raoult's law, oxygen concentration, asymptote, minimum of a function.

O. П. ПРИЩЕНКО, Т. Т. ЧЕРНОГОР**ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЇ ОДНІЄЇ ЗМІННОЇ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ХІМІЧНИХ ЗАДАЧ**

У статті розглядаються деякі задачі з хімічним змістом, при розв'язанні яких використовуються елементи дослідження функції однієї змінної. Курс вищої математики є основою фізико-математичної підготовки фахівців-хіміків університетського профілю. Основною метою викладання навчальної дисципліни «Вища математика» є підготовка студентів до використання сучасного математичного апарату в якості ефективного інструменту для вирішення наукових і практичних завдань в області хімічних і суміжних дисциплін. Математика для інженерів хіміків-технологів – це в першу чергу корисний інструмент для розв'язання багатьох хіміко-технологічних проблем та задач. Важко знайти такий розділ математики, який зовсім не використовується для вирішення цих проблем на усіх стадіях їх аналізу. В результаті вивчення вищої математики студент повинен знати методи математичного аналізу в застосуванні до функції однієї та кількох дійсних змінних. Багато хімічних явищ описуються за допомогою функціональної залежності. При вивченні хімічних процесів доводиться використовувати елементи дослідження функції однієї змінної, до яких відноситься виявлення властивостей функції, що характеризують різні її якості. На практичних заняттях з вищої математики, при розгляді теми «Похідна та її застосування» часто доводиться вирішувати завдання загального характеру. Але для студентів хімічних спеціальностей більший інтерес представляють завдання, які безпосередньо пов'язані з їхньою професією. Таким чином, розглядаючи завдання, подібні наведеним в даній статті, ми підвищимо інтерес і мотивацію майбутніх фахівців до вивчення даного матеріалу.

Ключові слова: функція, функція однієї змінної, стаціонарні точки, графік функції, динамічна рівновага, швидкість реакції, кінетичне рівняння, закон Рауля, концентрація кисню, асимптота, мінімум функції.

O. П. ПРИЩЕНКО, Т. Т. ЧЕРНОГОР**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИИ ОДНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ПРИ РЕШЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

В статье рассматриваются некоторые задачи с химическим содержанием, при решении которых используются элементы исследования функции одной переменной. Курс высшей математики является основой физико-математической подготовки специалистов-химиков университетского профиля. Основной целью преподавания учебной дисциплины «Высшая математика» является подготовка студентов к использованию современного математического аппарата в качестве эффективного инструмента для решения научных и практических задач в области химических и смежных дисциплин. Математика для инженеров химиков-технологов – это в первую очередь полезный инструмент для решения многих химико-технологических проблем и задач. Трудно найти такой раздел математики, который совсем не используется для решения этих проблем на всех стадиях их анализа. В результате изучения высшей математики студент должен знать методы математического анализа в применении к функции одной и нескольких действительных переменных. Многие химические явления описываются при помощи функциональной зависимости. При изучении химических процессов приходится использовать элементы исследования функции одной переменной, к которым относится выявление свойств функции, характеризующих различные ее качества. На практических занятиях по высшей математике, при рассмотрении темы «Производная и ее приложения» зачастую приходится решать задачи общего характера. Но для студентов химических специальностей больший интерес представляют задачи, которые непосредственно связаны с их профессией. Таким образом, рассматривая задачи, подобные приведенным в данной статье, мы повысим интерес и мотивацию будущих специалистов к изучению данного материала.

Ключевые слова: функция, функция одной переменной, стационарные точки, график функции, динамическое равновесие, скорость реакции, кинетическое уравнение, закон Рауля, концентрация кислорода, асимптота, минимум функции.

Introduction. A course of higher mathematics is basis of physical and mathematical training of specialists-chemists of university profile.

The primary purpose of teaching of educational discipline «Higher mathematics» is preparation of

students to using of modern mathematical vehicle as an effective instrument for the decision of scientific and practical problems in area of chemical and contiguous disciplines.

© Prishchenko O.P., Chernogor T.T., 2021

As a result of study of higher mathematics a student must know the methods of mathematical analysis in application to one function and a few real variables.

Statement of the problem in general and its connection with important scientific or practical problems. Concept of function – one of basic in modern mathematics. Many chemical phenomena are described through functional dependence. At the study of chemical processes, it is necessary to use research elements functions of one variable, the exposure of properties of function, characterizing her different internals, behaves to that.

Research of function $y = f(x)$ is expedient to the new in a certain sequence.

1. To find the range of definition of function.
2. To find (if it is possible) the intersections of chart with the axes of coordinates.
3. Find the intervals of constant sign of the function (the intervals at $f(x) < 0$ which or $f(x) > 0$).
4. To find out whether a function is even, odd number or general view.
5. To find the asymptotes of chart of function.
6. To find the intervals of monotony of function.
7. To find the extremums of function.
8. To find the intervals of bulge (to the concavity) and inflection point of chart of function.

On the basis of undertaken a study to build the chart of function. We will notice that the brought chart over of research is not obligatory. In more simple cases it is enough to execute a few operations only, for example 1, 2, 7. If the chart of function is not quite clear and after implementation of all eight operations, then it is possible additionally to investigate a function on periodicity, to build a few points of chart are additional, to educe other features of function. It is sometimes expedient to accompany implementation of operations of research the gradual construction of chart of function.

Rules of research of stationary points

First rule.

1. To find $f'(x)$.
2. To make and decide equation roots of that $x_j (j=1, 2, \dots, k)$ are stationary points.
3. To investigate the changes of sign $f'(x)$ in transition of stationary point x_j . If in transition of this point a derivative changes a sign with «+» on «-», then x_j is a point of local a maximum of function; if $f'(x)$ changes a sign with «-» on «+», then x_j is a point of local a minimum of function; if a sign does not change, then x_j – only stationary point.

Second rule.

1. To find $f'(x)$ и $f''(x)$.
2. To make and decide equation roots of that $x_j (j=1, 2, \dots, k)$ are stationary points.
3. To define a second derivative sign in a stationary point x_j .

If $f''(x) > 0$, then x_j is a point of local maximum, $f(x_j)$ is a local minimum; if $f''(x) < 0$, then x_j is a point of local minimum, $f(x_j)$ is a local maximum [1–10].

Presentation of the main research material. We will consider some problems with chemical maintenance, for the decision of that the elements of research of function one variable are used.

Construction of line of equilibrium

Let some substance of M being in an air environment as steams be taken in by water. In such the case it is said that a substance goes across from a gas phase Φ_y in a liquid phase Φ_x , where x and y at are his concentrations accordingly in liquid and gas phases. Clear that in initial moment of process concentration $x = 0$.

With beginning of dissolution of substance of M in water there is a transition of part of his molecules in retrograde with speed, to the proportional concentration of M in water and on the border of division of phases.

In course of time speed of transition of M will decrease in water, and speed of reverse transition to increase, thus this process will proceed until transition speeds in both directions will not become equal.

Such process state is named a *dynamic equilibrium*, and at him there will not be a change of concentration of substance in each their phases. Concentrations of substance of M set here in contacting phases Φ_x and Φ_y named *equilibrium* and are in certain functional dependence: $y = f(x)$, chart, named that by the *line of equilibrium*.

Raoult's law: partial pressure of any component in pairs above mixture of liquid is equal to the product of pressures of the saturated steam of this component on his mole fraction in a liquid, that is $p = Px$,

where p is partial pressure of component in pairs; P is pressure of steam of clean component; x is a mole fraction of the indicated component in a liquid.

Such property is possessed, for example, mixture of benzol and toluene, mixture of isomer hydrocarbons of and other.

Dalton's law: common pressure of P of steams of mixture is equal to the sum of partial pressures of components, that is

$$P = P_A x_A + P_B x_B, \quad (1)$$

where A and B are the components included in mixture.

We will consider binary mixture from components A and B , conformable to the Raoult's law, and we will set connection between the equilibrium concentrations of component A in gas and liquid phases.

We will designate the mole fractions of components A and B a liquid accordingly through x_A and x_B .

Considering, that

$$x_A + x_B = 1, \quad (2)$$

we will write down the Raoult's law for each of them:

$$p_A = P_A x_A;$$

$$p_B = P_B x_B = P_B (1 - x_A). \quad (3)$$

According to equality (1), we will find common pressure of P of steams of mixture, taking into account here correlation (2):

$$P = P_A + P_B (1 - x_A). \quad (4)$$

On the other hand, knowing common pressure of P above mixture and partial pressure of легколетучего component A , it is possible to define maintenance of him in pairs, shown in mole fractions:

$$y_A = \frac{P_A}{P},$$

from (see formulas (3), (4)) where

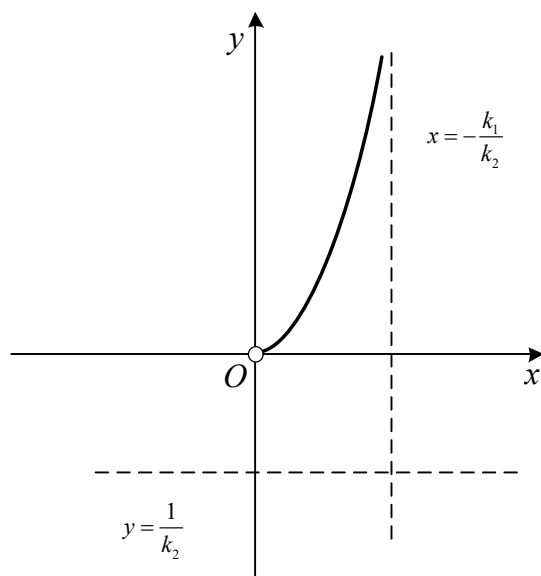


Fig. 1

$$y_A = \frac{P_A x_A}{P_A x_A + P_B (1 - x_A)},$$

or

$$y_A = \frac{\alpha x_A}{1 + (\alpha - 1)x_A}, \quad (5)$$

where $\alpha = \frac{P_A}{P_B}$ and named *relative volatility*.

Equation (5) expresses analytical connection between the molar stakes of highly volatile component in pairs and in a liquid and named equation of line of equilibrium.

Problem. To investigate the line of equilibrium of binary mixture from components A and B , conformable to the Raoult's law, and to build her chart.

Decision. We will write down equation (5) in a kind

$$y = \frac{x}{k_1 + k_2 x},$$

where $y = y_A$, $x = x_A$, $k_1 = \frac{1}{\alpha}$, $k_2 = 1 - \frac{1}{\alpha} \neq 0$, and we investigate a function

$$f(x) = \frac{x}{k_1 + k_2 x}$$

subject to condition $k_1 > 0$ и $k_2 < 0$.

Range of definition

$$x \in \left(-\infty; -\frac{k_1}{k_2}\right) \cup \left(-\frac{k_1}{k_2}; +\infty\right).$$

We will find limits on the left and on the right in a point

$$x_0 = -\frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{\alpha - 1} \neq 0.$$

$$\lim_{x \rightarrow x_0 - 0} \frac{x}{k_1 + k_2 x} = +\infty, \quad \lim_{x \rightarrow x_0 + 0} \frac{x}{k_1 + k_2 x} = -\infty.$$

Consequently, $x = -\frac{k_1}{k_2}$ is a vertical two-sided asymptote.

asymptote.

We will find unvertical asymptotes:

$$k = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{1}{k_1 + k_2 x} = 0, \quad \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x}{k_1 + k_2 x} = \frac{1}{k_2}.$$

So, $y = \frac{1}{k_2}$ is a horizontal asymptote.

Because, $y' = \frac{k_1}{(k_1 + k_2 x)^2} > 0$ the investigated

function increasing.

Knowing a second derivative $y'' = \frac{-2k_1 k_2}{(k_1 + k_2 x)^3}$, we

find the intervals of direction of concavity of chart of function, namely $x < -\frac{k_1}{k_2}$ a concavity is sent up, and for

$x > -\frac{k_1}{k_2}$ – downward. Because $x > 0$ and $y < 0$ (as

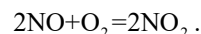
mole fractions), then the line of equilibrium of binary mixture will be located in the first quadrant (fig. 1).

A maximum of speed of oxidization of oxide of nitrogen

Mathematical formula, relating speed of reaction with concentrations, name *equation of speed of reaction* or *kinetic equation*.

In general case the type of kinetic equation cannot be predicted coming from stoichiometric equation of reaction. However, the basic law of chemical kinetics, that can be set forth so, is known: *speed of reaction at every instant is proportional to the product of concentrations of the reactive substances, erected in some degree, being an order of reaction on this component*.

As an example we will consider the trimolecular reaction



In this reaction kinetic equation looks like in the conditions of practical irreversibility

$$v = \bar{k} [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]. \quad (6)$$

If to enter denotations

$$x = \frac{[\text{NO}]}{[\text{NO}]_0}; \quad y = \frac{[\text{O}_2]}{[\text{O}_2]_0},$$

where $[\text{NO}]_0$ and $[\text{O}_2]_0$ are initial concentrations accordingly NO and O_2 , that equation (6) can be written down so:

$$v = kx^2y, \quad (7)$$

where $k = \bar{k} [\text{NO}]_0 [\text{O}_2]_0$.

Problem. To set at what percentage of oxygen in gas mixture speed of oxidization of oxide of nitrogen will be maximal.

Decision. In equation (7) it comfortably the concentration of NO and O_2 to express in by volume percent's. Then $x + y = 100$ and kinetic equation will assume an air $v = k(100x^2 - x^3)$.

Thus, a problem stands in that, to find a maximum of function.

For her decision we will take advantage of the second rule of research of stationary points, that is we will find

$$v' = k(200x - 3x^2) \text{ and } v'' = k(200 - 6x);$$

we will work out an equation

$$200x - 3x^2 = 0,$$

deciding that, we will get stationary points $x_1 = 0$, $x_2 = 200/3$.

We will now find the value of the second derivative at fixed points:

$$v''(0) = 200k > 0;$$

$$v''(200/3) = k(200 - 400) < 0,$$

since $k > 0$.

So, $x_2 = 200/3$ is the maximum point of the function and therefore $y_2 = 100 - 200/3 = 33,3$ is the maximum concentration O_2 (fig. 2).

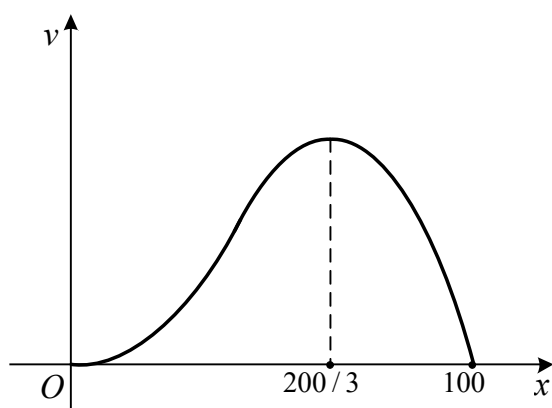


Fig. 2

Conclusion. Speed of oxidization will appear maximal, if in mixture it will be contained 33,3% oxygen. So in the process of reaction stoichiometrical correlation $y:x$ is saved, then at maintenance in initial mixture of 33,3% oxygen speed of reaction will be

maximally possible during all process. However, this result is faithful only in one case, when the examined reaction will be irreversible, that maybe in the certain range of temperatures.

Problem. Let gas consisting of oxide of nitrogen and rare gas is mixed up with air, the concentration of oxygen in that makes 20,8%. To define, what volume of air must be added to the volume of oxide of nitrogen, to provide high speed of oxidization last.

Decision. Though a and b are by volume stakes in mixture accordingly oxide of nitrogen and other rare gases, that is $a + b = 1$. Then, if to designate the added volume of air through x , then concentration NO and O_2 accordingly will be equal

$$[\text{NO}] = \frac{a}{1+x}, \quad [\text{O}_2] = \frac{0,208x}{1+x}.$$

Putting these concentrations in equation (7), we get

$$v = 0,208ka^2 \frac{x}{(1+x)^2}.$$

For determination of value of x , at that speed of oxidization v has at most at set a , we find the first derivative from v on x :

$$v' = 0,208ka^2 \frac{1-2x}{(1+x)^4},$$

and we determine a stationary point $x = 0,5$. Applying the first rule of research of stationary points, we set that $x = 0,5$ is a point of local a maximum of function.

Conclusion. At adding to one volume of initial gas 0,5 volume of air composition of gas mixture will meet the condition of high speed of oxidization of NO. The corresponding here concentration of oxygen in mixture will be equal $\frac{0,208 \cdot 0,5}{1+0,5} = 0,0693$, that is 6,93%. During

such concentration of oxygen high speed of reaction will be arrived at during all process of oxidization.

Arrhenius' equation

The constant of speed of chemical reaction in most cases sharply increases with the height of temperature (as governed, in 2-3 times at the increase of temperature on 10°C near-by a room temperature). Temperature dependence of constant of speed of elementary reaction in many cases is well described by equation of Arrhenius:

$$k = k_0 \exp\left(\frac{E}{RT}\right),$$

where T is an absolute temperature; E is Arrhenius energy of activating; R – universal gas permanent; k_0 is a constant (so-called Arrhenius multiplier).

As values of concentrations small depend on a temperature, then speed of the chemical reaction, described by general stoichiometrical equation

$$\sum_{i=1}^l a_i A_i \rightarrow \sum_{j=1}^m b_j B_j,$$

depends on a temperature as follows:

$$v = k_0 \exp\left(\frac{E}{RT}\right) [A_1]^{a_1} [A_2]^{a_2} \dots [A_i]^{a_i},$$

or

$$v = v_0 \exp\left(\frac{E}{RT}\right),$$

where

$$v_0 = k_0 [A_1]^{a_1} [A_2]^{a_2} \dots [A_i]^{a_i}.$$

Problem. To investigate and build the chart of constant of speed of reaction as to the function depending on energy of activating of E, that is

$$k(E) = k_0 \exp\left(\frac{E}{RT}\right), \text{ where } E \geq 0.$$

Decision. We will mark foremost, that a function $k_0 \exp\left(\frac{E}{RT}\right)$ in equation of Arrhenius is always positive, because $k_0 > 0$ and

$$\exp\left(\frac{E}{RT}\right) > 0.$$

At $E=0$ constant of speed of reaction $k(0)=k_0$. With the height of E a size $k(E)$ diminishes and

$$\lim_{E \rightarrow +\infty} k_0 e^{-E/RT}.$$

Since

$$k'(E) = k_0 \left(-\frac{1}{RT}\right) e^{-E/RT} < 0;$$

$$k''(E) = k_0 \left(\frac{1}{RT}\right)^2 e^{-E/RT} > 0,$$

that a function $k_0 e^{-E/RT}$ droningly decreases and the concavity of her chart is sent up (fig. 3) [11–17].

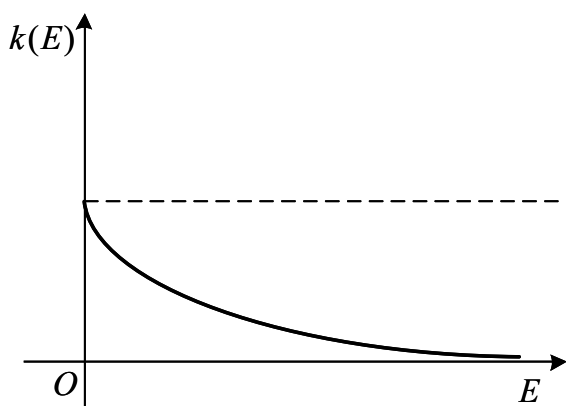


Fig. 3

Conclusions and development prospects of this direction. On practical employments on higher mathematics, at consideration of theme «Derivative and her applications» it is frequently necessary to decide the problems of general character. But for the students of chemical specialties greater interest is presented by problems that is directly related to their profession.

Thus, examining problems similar to resulted in this article, we will promote interest and motivation of future specialists in the study of this material [18–23].

References

1. Высшая математика в примерах и задачах : уч. пособ. : Т. 1 / Ю.Л. Геворкян, Л.А. Балака, С.С. Габриелян и др. ; под ред. Ю.Л. Геворкяна. – Х.: Підручник НТУ «ХП», 2011. – 408 с.
2. Вища математика в прикладах і задачах : у 2 т. Т. 1 : Аналітична геометрія та лінійна алгебра. Диференціальне та інтегральне числення функції однієї змінної : навч. посіб. / Л.В. Курпа, Н.О. Кириллова, Г.Б. Лінник та ін. ; за ред. Л.В. Курпи. – Харків : НТУ «ХП», 2009. – 532 с.
3. Геворкян Ю.Л. Краткий курс высшей математики : учеб. пособ. : в 2 ч. Ч. 1 / Ю.Л. Геворкян, А.Л. Григорьев, Н.А. Чикина. – Х.: Підручник НТУ «ХП», 2011. – 324 с.
4. Диференціальні рівняння та їх застосування : н.-мет. посіб. / Прищенко О.П., Черногор Т.Т. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – 88 с.
5. Ерёмин В. В. Математика в химии. – 2-е изд., испр. / В.В. Ерёмин. – М.: МЦНМО, 2016. – 64 с.
6. Збірник розрахунково-графічних завдань з вищої математики : у 2 ч. Ч. 1 / Н.О. Чікіна, І.В. Антонова, Л.О. Балака та ін. ; за ред. Н.О. Чікіної. – Х.: Підручник НТУ «ХП», 2012. – 224 с.
7. Методические указания к решению расчетных заданий по теме «Дифференциальные уравнения и их приложения» по курсу высшей математики для студентов химических специальностей / сост. А.М. Мануйлова, Е.И. Орлова, Т.Т. Черногор и др. – Харьков : ХПИ, 1989. – 76 с.
8. Прищенко О. П., Черногор Т. Т. Аналіз прикладів застосування диференціальних рівнянь в хімічній та харчовій технології // Вісник НТУ «ХП». – Харків : НТУ «ХП», 2018. – № 40 (1316). – с. 39–45.
9. Прищенко О.П., Черногор Т.Т., Бухкало С.І. Деякі особливості проведення кореляційного аналізу Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП», – с.320.
10. Прищенко О.П., Черногор Т.Т. Деякі особливості проведення регресійного аналізу Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП», – с. 319.
11. Скатецкий В.Г. Математические методы в химии : учеб. пособ. для студентов вузов / В.Г. Скатецкий, Д.В. Свиридов, В.И. Яшкин. – Минск : ТетраСистемс, 2006. – 368 с.
12. Тевяшев А.Д. Вища математика у прикладах та задачах : у 3 ч. Ч. 1 : Лінійна алгебра і аналітична геометрія. Диференціальне числення функції однієї змінної : навч. посіб. / А.Д. Тевяшев, О.Г. Литвин. – Харків : ХНУРЕ, 2002. – 552 с.
13. Бухкало С.І. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХП», 2014. – № 4. – с. 29–33.
14. Бухкало С.І. Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ТПВ // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2016. – № 19 (1191). – с. 23–32.
15. Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Using of methods of cross-correlation and regressive analysis for determination of functional dependence between sizes // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – №15 (1340). – С. 36–41.
16. S. Bukhkalov, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП», 205 с.
17. Бухкало С.І., Ігліс С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХП», 2016. № 3. – С. 52–57.

18. Бухкало С.І., Білоус О.В., Демидов І.М. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. № 1/6(73), – с. 22–26. – Х.: Технол. центр.
19. Buhkalo S.I., Klemes J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, Vol.70, (2018), – pp.2047–2052.
20. Прищенко О. П., Черногор Т. Т. Використання тензорів при аналізі особливостей фізичних властивостей твердих тіл // Вісник НТУ «ХПІ» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – №6 (1360). – С. 42 – 48.
21. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Вісник НТУ «ХПІ» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – №5 (1359). – С. 71 – 77.
22. Zipunnikov, Mykola; Buhkalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. *French-Ukrainian Journal of Chemistry*, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
23. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Медико-біологічні аспекти на шляху розповсюдження COVID-19. Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти матеріали II Міжн. н-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р./ред. колегія А.В. Кіпенський, О.В. Білоус [та ін.]. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. – С. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0
- 2019, 15-17 travnya 2019 r.: u 4 ch. CH. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Harkiv: NTU «HPI». – s.320.
10. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Deyaki osoblivosti provedennya regresijnogo analizu Informacijni tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej HXVII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2019, 15-17 travnya 2019 r.: u 4 ch. CH. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Harkiv: NTU «HPI». – s. 319.
11. Skateckij V.G. Matematicheskie metody v himii : ucheb. posob. dlya studentov vuzov / V.G. Skateckij, D.V. Sviridov, V.I. Yashkin. – Minsk : TetraSistems, 2006. – 368 s.
12. Tevyashev A.D. Vishcha matematika u prikladah ta zadachah : u 3 ch. CH. I : Linijna algebra i analitichna geometriya. Diferencialne chislennya funkciï odnïci zminnoi : navch. posib. / A.D. Tevyashev, O.G. Litvin. – Harkiv : HNURE, 2002. – 552 s.
13. Buhkalo S.I. Deyaki vlastivosti polimernih vidhodiv u yakosti sirovini dlya energo- i resursozberigayuchih procesiv // Integrovani tekhnologii ta energozberezheniya. – H.: NTU «HPI». 2014. – № 4. – s. 29–33.
14. Buhkalo S.I. Modeli energetichnogo miksu dlya utilizacii polimernoï chastki TPV // Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2016. – № 19 (1191). – s. 23–32.
15. Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Using of methods of cross-correlation and regressive analysis for determination of functional dependence between sizes // Visnik NTU «HPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Harkiv : NTU «HPI», 2019. – №15 (1340). – S. 36 – 41.
16. S. Buhkalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej HXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnya 2018r. CH. II / za red. prof. Sokola Є.І. H.:NTU «HPI». 205 s.
17. Buhkalo S.I., Iglin S.P. Deyaki modeli doslidzhennya strukturno-himichnih zmin pri ekspluatacii polimernih virobiv. Integrovani tekhnologii ta energozberezheniya. H.: NTU «HPI», 2016. № 3. – S. 52–57.
18. Buhkalo S.I., Bilous O.V., Demidov I.M. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listya gorihu volos'kogo ta kalenduli. Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovih tekhnologij. 2015. № 1/6(73), – s. 22–26. – H.: Tekhnol. centr.
19. Buhkalo S.I., Klemes J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, Vol.70, (2018), – pp.2047–2052.
20. Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Viktoristannya tenzoriv pri analizi osoblivostej fizichnih vlastivostej tverdihi til // Visnik NTU «HPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Harkiv : NTU «HPI», 2020. – №6 (1360). – S. 42 – 48.
21. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Visnik NTU «HPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Harkiv : NTU «HPI», 2020. – №5 (1359). – S. 71 – 77.
22. Zipunnikov Mykola; Buhkalo Svetlana; Kotenko Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. *French-Ukrainian Journal of Chemistry*, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2, pp. 138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
23. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K. Mediko-biologichni aspekti na shljahu rozpovsjudzhennja COVID-19. Zdorov'ja nacii i vdoskonalennja fizkul'turno-sportivnoi osviti materialii II Mizhn. n-praktichnoi konferencii, 22–23 kvitnja 2021 r./red. kolegiya A. V. Kipens'kij, O. V. Bilous [ta in.]. – Harkiv: Drukarnja Madrid, 2021, – pp. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0

Надійшло (received) 29.04.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Прищенко Ольга Петрівна (Прищенко Ольга Петровна, Prishchenko Olga Petrivna) – старший викладач кафедри вищої математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0530-2131> e-mail: priolga2305@gmail.com

Черногор Тетяна Тимофіївна (Черногор Татьяна Тимофеевна, Chernogor Tetiana Timofiyivna) – старший викладач кафедри вищої математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7823-7628> e-mail: tatyachernogor54@gmail.com

N. V. CHEREMSKAYA

APPLICATION OF THE CORRELATION THEORY OF INHOMOGENEOUS RANDOM FIELDS TO THE STUDY OF THE STATISTICALLY INHOMOGENEOUS SCREEN MODEL

The article considers the problem of finding a field created by a system of fluctuating sources on the screen, which is characterized by a correlation function, where $\widetilde{K_{AA}}(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ the correlation function is separable. This image corresponds to a random field on the screen, which is the sum of a separable field and a heterogeneous random field of the first rank, which significantly changes the correlation radius at a distance l . The model studied in this paper does not assume uncorrelated sources and coincidence of laws of intensity change and therefore corresponds to a system of sources with significantly different intensities and laws of their change in the direction of wave propagation in the transverse plane. The correlation function of the sources be not assumed to be separable and the field distribution on the screen is an inhomogeneous random field of the first rank or is the sum of a separable field and a statistically inhomogeneous field of the first rank. To find a solution in the approximation of a parabolic equation, a method of immersion in the corresponding Hilbert space is proposed, which allows one to quickly and efficiently find the statistical characteristics of the solution. As an example, the influence of statistical inhomogeneity on the intensity function of a luminous screen, which has the shape of a round disk, is considered. An off-screen correlation function is obtained, which contains information on the size and nature of inhomogeneities of emitting sources on a luminous screen. A numerical analysis of the representation for the correlation function is carried out in the case when the statistical heterogeneous of the environment is generated by the presence of a continuous spectrum or a spectrum at zero. The article obtains approximate calculation formulas for the average temperature field and its dispersion, which take into account fluctuation processes in the calculation of thermal regimes of solar panels, which allow to make appropriate corrections in theoretical calculations.

Key words: modeling of statistical properties of the medium, correlation function, separable field, statistical inhomogeneity, Hilbert space, scalar product, continuous spectrum of the operator.

Introduction.

In the modern theory of the propagation of electromagnetic and sound waves in the atmosphere in many cases we have to pay attention to turbulence, which causes fluctuations in the refractive index of air. In some cases, the turbulence of the atmosphere causes fluctuations in the parameters of the waves that propagate through it (amplitudes, directions of propagation, frequencies, phases, etc.). These effects are sources of distortions and errors in communication systems, location, radio navigation, control systems. Fluctuations in the parameters of light waves are especially influential, which is now becoming especially important in connection with the development of optical quantum generators [1–4].

In modeling the statistical properties of the environment (atmosphere, ocean), it is usually assumed that these properties can be described by a homogeneous and isotropic field or a random field with homogeneous increments of the first order. The structure of the corresponding correlation function is determined on the basis of the solution of the equation of homogeneous and isotropic turbulence, which can be obtained by averaging the equation of hydrodynamics using any hypothesis of closure [2, 3]. Fluctuations in fluid's velocity (wind's) and temperature in a random medium lead to corresponding fluctuations in pressure or refractive index (dielectric constant). Therefore, the task of propagating sound or electromagnetic waves becomes stochastic. From a mathematical point of view, the analysis of wave propagation in a random medium is reduced to the solution of a wave equation (vector or scalar) with random coefficients. Within correlation theory and in terms of applications (in particular, in the theory of wave propagation in random media [4]), the main objects of theoretical research are the mathematical expectation and the correlation function of the solution of the wave equation. The so-called "dishonest" method is used to

solve this problem. This method consists in the fact that randomness is used in direct averaging of equations with random parameters, which after averaging are not closed and require additional unproven assumptions about special statistical properties of the solution for closure. These assumptions greatly simplify the problem and allow it to be solved explicitly. Many of the results obtained by the "dishonest" method agree quite well with the experimental data, which can serve as a justification for the probability of assuming one or another statistical property of the solution [5]. However, models that use a homogeneous and isotropic field or a random field with homogeneous first-order increments are not suitable for describing transient media (for example, plasma randomly changes its charge) or when electromagnetic waves propagate near the globe and statistical inhomogeneity environment is disturbed, as well as the scattering of electromagnetic waves in the wake of the rocket, the scattering of waves in the atmosphere of Venus and other planets of the solar system. Solutions to these problems require the rejection of the use of the correlation theory of stationary random functions or homogeneous random fields and the involvement of such models of correlation functions that would take into account statistical nonstationarity or inhomogeneity. This article discusses the problem of finding a field created by a system of fluctuating sources on the screen. Let the correlation function of the sources not be assumed to be separable and the field distribution on the screen be an inhomogeneous random field of the first rank or be the sum of the separable field and the statistically inhomogeneous field of the first rank. To find the solution in the parabolic equation approximation, a method of immersion in the corresponding Hilbert space is proposed, which allows to quickly and efficiently find the statistical characteristics of the solution.

© Cheremskaya N.V., 2021.

As an example, the influence of statistical inhomogeneity on the function of the intensity of the screen, which glows and has the shape of a round disk, is considered. An off-screen correlation function is obtained, which contains information about the size and nature of the inhomogeneity of the emitting sources on the illuminated screen. Next, the fluctuations of the phase and amplitude of a plane wave propagating in a statistically inhomogeneous atmosphere are analyzed by the method of smooth perturbations.

Problem statement in general and its connection with important scientific or practical tasks.

Let's analyze the passage of a wave through a random medium or a layer of such a medium. Assuming that the thickness of the medium or layer is small enough, for example, a glowing screen, you can use the approximation of a thin screen, given that the field outside the screen is created by a system of fluctuating sources contained in the plane. The probabilistic properties of the sources are assumed to be known. In the approximation of the parabolic equation for the complex amplitude $A(\vec{r}, z)$ (the z -axis is directed along the direction of wave propagation) we obtain the Cauchy problem

$$\left(\frac{\partial}{\partial z} + i \frac{1}{2k} \Delta_{\perp} \right) A(\vec{r}, z) = 0, \quad A|_{z=0} = A_0(\vec{r}), \quad (1)$$

where $\vec{r} = (x, y)$, and $A_0(\vec{r})$ random field with $MA_0(\vec{r}) \equiv 0$ and a known correlation function. This problem in the case when the field in the plane $z = 0$ is statistically homogeneous was investigated in [6, 7]. However, of practical interest are problems when the field $A_0(\vec{r})$ is statistically inhomogeneous.

The case where the correlation function of the field $A_0(\vec{r})$ has the form $K_{A_0 A_0}(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = K_0 \left(\frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2}{2} \right) K(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$ (separable correlation function) was studied in detail in [8, 9, 10, 11], where a model of the turbulent atmosphere of Venus was constructed. The separability of the correlation function is used $l_{A_0} \ll L$ when L – the characteristic scale of the variance of the field variance, the mean field and the correlation coefficient of the field by argument $\frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2}{2}$, and the l_{A_0} – radius of correlation of the field by argument $\vec{r}_2 - \vec{r}_1$, i.e. the statistical characteristics of the field change smoothly. Thus, the correlation function of a homogeneous field is modeled by a function that changes slowly.

Teaching the main research material.

This article continues the study of the statistically inhomogeneous screen model that is affected this article will consider a more general model of a statistically inhomogeneous screen, which is characterized by a

correlation function of the form

$$K_{A_0 A_0}(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = \widetilde{K_{AA}}(\vec{r}_1, \vec{r}_2) + \int \int \int_0^{\infty} \varphi(\vec{r}_1 + \vec{\tau}) \overline{\varphi(\vec{r}_2 + \vec{\tau})} dV_{\tau} \quad (2),$$

where $\widetilde{K_{AA}}(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ separable correlation function. This image corresponds to a random field on the screen, which is the sum of a separable field and a heterogeneous random field of the first rank, which significantly changes the correlation radius at a distance l_{A_0} . To clarify the physical content of the separability of the correlation function and to clarify the physical capabilities of models of statistically inhomogeneous fields $A_0(\vec{r})$ studied in the article, consider a random field created by a system of uncorrelated statistically inhomogeneous sources:

$$A_0(\vec{r}) = \sum_{k=1}^n A_k(\vec{r}), \quad A_k(\vec{r}) = a_k(\vec{r}) \xi_k(\vec{r}), \quad (3)$$

where $a_k(\vec{r})$ deterministic functions, $\xi_k(\vec{r})$ uncorrelated statistically inhomogeneous fields of the first rank [12].

Suppose that the sources first have the same law of decline, i.e. $a_k(\vec{r}) = C_k e^{\vec{a} \cdot \vec{r}}$, and $\xi_k(\vec{r})$

$$K_{A_0 A_0}(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = F \left(\frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2}{2} \right) \widetilde{K_{A_0 A_0}}(\vec{r}_2 - \vec{r}_1), \quad (4)$$

that is, the correlation function satisfies the condition of separability.

Thus, the separability of the correlation function corresponds not only to the smoothness of spatial or temporal change of statistical inhomogeneities on the correlation scale, but also means the noncorrelation of statistically inhomogeneous fields that have the same laws of change in species intensity.

Model (2), which is studied in this article, does not assume uncorrelated sources and coincidence of laws of intensity change and therefore corresponds to a system of sources with significantly different intensities and laws of their change in the direction of wave propagation in the transverse plane. We return to (1) and invest $A_0(\vec{r})$ in Hilbert space H_{A_0} , and then we get an auxiliary problem in Hilbert space

$$\left(\frac{\partial}{\partial z} + i \frac{1}{2k} \Delta_f \right) \widehat{A}(\vec{r}, z) = 0, \quad \widehat{A}|_{z=0} = \widehat{A_0}(\vec{r}), \quad (5)$$

$$K_{AA}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, z) = \left\langle \widehat{A}(\vec{r}_1, z), \widehat{A}(\vec{r}_2, z) \right\rangle_{H_{A_0}}, \quad (6)$$

where parentheses denote $\langle \cdot, \cdot \rangle$ a scalar product in Hilbert space H_{A_0} .

Consider the case of the evolutionarily represented field $\widehat{A}_0(\vec{r}) = e^{ixB_1 + iyB_2} f_0$, $f_0 \in H_{A_0}$, and $[B_1, B_2] = 0$. Then the solution of the Cauchy problem in this case takes the form

$$\widehat{A}(\vec{r}, z) = e^{\frac{i}{2k}(B_1^2 + B_2^2)z + ixB_1 + iyB_2} f_0. \quad (7)$$

Then for the transverse correlation function

$$K_{AA}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, z) = \left\langle e^{\frac{i}{2k}(B_1^2 + B_2^2)z + ix_1B_1 + iy_1B_2} f_0, e^{\frac{i}{2k}(B_1^2 + B_2^2)z + ix_2B_1 + iy_2B_2} f_0 \right\rangle. \quad (8)$$

From (8) it is seen that for a statistically homogeneous field ($B_1 = B_1^*$, $B_2 = B_2^*$) the transverse correlation function does not depend on z . If the solution of the parabolic equation is bounded for all x_1 and y_1 , then the operators B_1 and B_2 are similar to self-adjoint

$$K_{AA}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, z) = \left\langle C^* C e^{\frac{i}{2k}(\tilde{B}_1^2 + \tilde{B}_2^2)z + ix_1\tilde{B}_1 + iy_1\tilde{B}_2} \tilde{f}_0, e^{\frac{i}{2k}(\tilde{B}_1^2 + \tilde{B}_2^2)z + ix_2\tilde{B}_1 + iy_2\tilde{B}_2} \tilde{f}_0 \right\rangle, \quad (9)$$

where \tilde{B}_j self-adjoint operators, and C is the operator that performs the similarity.

In the future, for simplicity, we limit ourselves to the case when $\widehat{A}_0(\vec{r}) = A_0(x)$, i.e., does not depend on y . Let $A_0(x) \equiv 0$ at $x < 0$ and $A_0(x) = e^{iB_1x} f_0$ at $x \geq 0$. Using (8) to $K_{AA}(x_1, x_2, z)$ obtain the expression

$$K_{AA}(x_1, x_2, z) = \frac{k}{4z} \int_0^\infty \int_0^\infty e^{-\frac{ik}{2z}[(x_1-\xi)^2 - (x_2-\eta)^2]} \left\langle e^{i\xi B_1} f_0, e^{i\eta B_1} f_0 \right\rangle d\xi d\eta. \quad (10)$$

The expression for $K_{AA}(x_1, x_2, z)$ is obtained in the case when the model considered in [12] is used.

$$K_{AA}(x_1, x_2, z) = \frac{k}{4z} \int_0^\infty \int_0^\infty e^{-\frac{ik}{2z}[(x_1-u)^2 - (x_2-v)^2]} \frac{1}{i} \sum_{l,m=1}^p b_l \overline{b_m} \frac{e^{i\lambda_l u - i\bar{\lambda}_m v}}{\lambda_l - \bar{\lambda}_m} dudv,$$

or if we limit ourselves to the real part of the model correlation function

$$K_{AA}(x_1, x_2, z) = \frac{k}{4z} \int_0^\infty \int_0^\infty e^{-\frac{ik}{2z}[(x_1-u)^2 - (x_2-v)^2]} \sum_{l,m=1}^p b_l b_m e^{-\frac{\beta_l^2 u + \beta_m^2 v}{2}} \times \left[\frac{(\alpha_l - \alpha_m) \sin(\alpha_l u - \alpha_m v) - \frac{\beta_l^2 + \beta_m^2}{2} \cos(\alpha_l u - \alpha_m v)}{(\alpha_l - \alpha_m)^2 + \frac{(\beta_l^2 + \beta_m^2)^2}{4}} \right] dudv =$$

$$= \frac{k}{4z} \sum_{l,m=1}^p \frac{b_l b_m}{(\alpha_l - \alpha_m)^2 + \frac{(\beta_l^2 + \beta_m^2)^2}{4}} \times$$

$$\times [(\alpha_l - \alpha_m)(\psi_{1l}(z, x_1)\psi_{2m}(z, x_2) - \psi_{2l}(z, x_1)\psi_{1m}(z, x_2)) - \frac{\beta_l^2 + \beta_m^2}{2}(\psi_{2l}(z, x_1)\psi_{2m}(z, x_2) - \psi_{1l}(z, x_1)\psi_{1m}(z, x_2))],$$

$$\text{Where } \psi_{1l}(z, x) = \int_0^\infty e^{-\frac{ik}{2z}(x_1-u)^2 - \frac{\beta_l^2 u}{2}} \sin \alpha_l u du,$$

$$\psi_{2l}(z, x) = \int_0^\infty e^{-\frac{ik}{2z}(x_1-u)^2 - \frac{\beta_l^2 u}{2}} \cos \alpha_l u du$$

$$\psi(z, x) = e^{-\frac{ik}{2z}x^2} \sqrt{\frac{2z}{k}} \int_0^\infty e^{-\sqrt{\frac{2z}{k}}av} \left\{ \begin{matrix} \cos v^2 \\ \sin v^2 \end{matrix} \right\} dv,$$

$$\text{where } k, z > 0, a = \frac{\beta_l^2}{2} - i\left(\pm\alpha_l - \frac{kx}{z}\right), \operatorname{Re} a > 0.$$

$$\int_0^\infty e^{-\sqrt{\frac{2z}{k}}av} \cos v^2 dv = \left[\frac{1}{2} - S\left(\sqrt{\frac{z}{\pi k}}a\right) \right] \cos \frac{a^2 z}{2k} -$$

$$-\sqrt{\frac{\pi}{2}} \left[\frac{1}{2} - C\left(\sqrt{\frac{z}{\pi k}}a\right) \right] \sin \frac{a^2 z}{2k},$$

$$\int_0^\infty e^{-\sqrt{\frac{2z}{k}}av} \sin v^2 dv = \left[\frac{1}{2} - C\left(\sqrt{\frac{z}{\pi k}}a\right) \right] \cos \frac{a^2 z}{2k} -$$

$$-\sqrt{\frac{\pi}{2}} \left[\frac{1}{2} - S\left(\sqrt{\frac{z}{\pi k}}a\right) \right] \sin \frac{a^2 z}{2k},$$

$$\text{where } C(y) = \int_0^y \cos\left(\frac{\pi}{2}t\right) dt, \quad S(y) = \int_0^y \sin\left(\frac{\pi}{2}t\right) dt$$

Fresnel integrals, and $y = u + iv$ [14, 15, 16, 17, 18].

$$\text{Because of } \lim_{y \rightarrow \infty} S(y) = \lim_{y \rightarrow \infty} C(y) = \frac{1}{2}, \quad \text{so}$$

$$\lim_{z \rightarrow \infty} K(x_1, x_2, z) = 0.$$

In the case where B_1 the Voltaire operator, and f_0 coincides with the channel element of the operator B_1 , the correlation function $A(x, z)$ takes the form

$$K_{AA}(x_1, x_2, z) = \int_0^l \Phi(z, x_1, u) \overline{\Phi(z, x_2, u)} du, \quad (11)$$

$$\text{where } \Phi(z, x_1, u) = \sqrt{\frac{ik}{z}} \int_0^\infty e^{-\frac{ik}{z}(x-x_1)^2} J_0(2\sqrt{x_1(l-u)}) dx_1. \quad (12)$$

These images for the correlation function of the complex amplitude can be used, in particular, to build models of various statistically inhomogeneous screens.

As an example, consider the effect of statistical inhomogeneity on the degree of spatial incoherence of the source, which has the shape of a disk of radius a . To do this, consider the diffraction of a wave at a circular hole of radius a centered at point O in the case where the correlation function of such a screen takes the form

$$K_{A_0 A_0}(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = K_{\perp 0}(\vec{r}, \vec{R}) + \langle e^{i\vec{r}_1 \vec{B}_1} f_0, e^{i\vec{r}_2 \vec{B}_1} f_0 \rangle, \quad (13)$$

$$\text{where } K_{\perp 0}(\vec{r}, \vec{R}) = I(\vec{R}) \delta(\vec{r}), \quad I(\vec{R}) = \begin{cases} I_0, R \leq a \\ 0, R \geq a \end{cases},$$

$$\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2, \quad \vec{R} = \frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2}{2}, \text{ that is } A_0(\vec{r}) = A_{0\perp}(\vec{r}) + \tilde{A}_0(\vec{r}),$$

where $A_{0\perp}(\vec{r})$ and $\tilde{A}_0(\vec{r})$ uncorrelated, $A_0(\vec{r})$ statistically inhomogeneous field of the first rank.

This type of correlation function corresponds, for example, to either take into account the influence of the penumbra on the structure of the random field on the screen, or to take into account statistical inequalities of the screen edge, or the presence of statistical inhomogeneity of the emitter system.

Then at a distance z on the plane of the screen $\vec{r}_1 = 0$ and $\vec{r}_2(s, 0) \neq 0$ at and for $K_{AA}(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ we have

$$K_{AA}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, z) = I_0 \frac{k a e^{-\frac{iks^2}{z}}}{2\pi z s} J_1\left(\frac{kas}{z}\right) + \frac{k}{4z} \int_0^\infty \int_0^\infty e^{-\frac{ik}{2z}[u^2 - (s-v)^2]} \langle e^{i u B_1} f_0, e^{i v B_1} f_0 \rangle du dv \quad (14)$$

In the simplest case, when B_1 it acts as a multiplication operator for a complex number

$$\lambda_0 = \alpha_0 + \frac{i\beta_0^2}{2}, \text{ we have } K_{AA}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, z) = I_0 \frac{k a e^{-\frac{iks^2}{z}}}{2\pi z s} J_1\left(\frac{kas}{z}\right) + \Psi(0, z) \overline{\Psi(s, z)}, \quad (15)$$

$$\text{where } \Psi(s, z) = \sqrt{\frac{k}{z}} \|f_0\| \int_0^\infty e^{-\frac{ik}{2z}(s-u)^2 + i u \lambda_0} du. \quad (16)$$

In the case when the operator B_1 has a spectrum at

zero, $K_{AA}(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ we obtain the expression

$$K_{AA}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, z) = I_0 \frac{k a e^{-\frac{iks^2}{z}}}{2\pi z s} J_1\left(\frac{kas}{z}\right) + \int_0^l \Phi(z, 0, u) \overline{\Phi(z, s, u)} du, \quad (17)$$

where

$$\Phi(z, s, u) = \sqrt{\frac{ik}{2\pi z}} \int_0^\infty e^{-\frac{ik}{z}(s-x_1)^2} J_0(2\sqrt{x_1(l-u)}) dx_1 \quad (18)$$

Thus, it is shown that in the correlation function $K_{A_0 A_0}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, z)$ together with the screen sizes „ a ”, which correspond, for example, to the linear size of the star, there is information about the scale of statistical inhomogeneity of the sources contained in the screen plane. In this case, as can be seen from (15) and (16), against the background of the usual correlation function, additional oscillations appear with a scale that corresponds to the scale of inhomogeneities of the sources.

This indicates the possibility of using a known correlation function to determine not only the linear dimensions of the screen (stars), but also the scale of heterogeneity of the sources that make it up. In the case of a zero spectrum, the correlation function $K_{A_0 A_0}(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ contains information about the intensity of the brightly localized spot on the glowing screen.

Consider the fluctuations of the amplitude of a plane wave that propagates in a turbulent atmosphere statistically inhomogeneous in the direction x and statistically homogeneous in the directions y and z . Then, for the complex phase in the approximation of the smooth perturbation method, we obtain the equation [4]

$$\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial z^2} + 2ik \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} = -k^2 \varepsilon_1(x, y, z), \quad (19)$$

where $\varepsilon_1(x, y, z)$ is a random dielectric constant that describes a random inhomogeneous medium. After using the spectral schedules for Φ_1 and ε_1 we obtain

$$\begin{aligned} \varepsilon_1(x, y, z) &= \varepsilon_1(x, 0, 0) + \\ &+ \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (e^{i(\chi_2 y + \chi_3 z)} - 1) u_\varepsilon(d\chi_2, d\chi_3, x), \\ \Phi_1(x, y, z) &= \Phi_1(x, 0, 0) + \\ &+ \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (e^{i(\chi_2 y + \chi_3 z)} - 1) u_\Phi(d\chi_2, d\chi_3, x), \end{aligned}$$

for u_Φ we obtain the equation

$$2ik \frac{\partial u_\Phi}{\partial x} - \chi^2 u_\Phi = -k^2 u_\varepsilon(d\chi_2, d\chi_3, x),$$

where $\chi^2 = \chi_2^2 + \chi_3^2$. The solution of which satisfies the boundary condition $u_\Phi(d\chi_2, d\chi_3, 0) = 0$ and has the form

$$u_\Phi(d\chi_2, d\chi_3, x) = \frac{ik}{2} \int_0^x \exp\left(-\frac{i\chi^2(x-x')}{2k}\right) u_\varepsilon(d\chi_2, d\chi_3, x') dx'.$$

For the average value

$$Mu_\Phi(d\chi_2, d\chi_3, x) \overline{u_\Phi(d\chi_2', d\chi_3', x')}$$

we get the image

$$\begin{aligned} Mu_\Phi(d\chi_2, d\chi_3, x) \overline{u_\Phi(d\chi_2', d\chi_3', x')} &= \\ &= \delta(\chi_2 - \chi_2') \delta(\chi_3 - \chi_3') d\chi_2 d\chi_3 d\chi_2' d\chi_3' \times \\ &\times \frac{k^2}{4} \int_0^x \int_0^x e^{\frac{i\chi^2}{2k}(x'-x'')} F_\varepsilon(\chi_2, \chi_3, x', x'') dx' dx''. \end{aligned}$$

Suppose for simplicity that

$$F_\varepsilon(\chi_2, \chi_3, x', x'') = F_\varepsilon(\chi_2, \chi_3) F(x', x''),$$

and the structure $F(x', x'')$ takes the form [12].

$$\begin{aligned} F(x', x'') &= \int_0^\infty \varphi(x' + \tau) \varphi(x'' + \tau) d\tau = \\ &= \int_0^\infty [u(x' + \tau) u(x'' + \tau) + v(x' + \tau) v(x'' + \tau)] d\tau. \end{aligned}$$

It is this structure F that takes into account the statistical heterogeneity along the direction x . Then

$$\begin{aligned} Mu_\Phi(d\chi_2, d\chi_3, x) \overline{u_\Phi(d\chi_2', d\chi_3', x')} &= \\ &= \delta(\chi_2 - \chi_2') \delta(\chi_3 - \chi_3') \times \\ &\times F(\chi_2, \chi_3) d\chi_2 d\chi_3 d\chi_2' d\chi_3' \times \\ &\times \int_0^\infty [\Phi(x, \tau)^2 + |\Psi(x, \tau)|^2] d\tau, \end{aligned} \quad (20)$$

where

$$\begin{aligned} \Phi(x, \tau) &= \int_0^x e^{\frac{i\chi^2}{2k}x'} u(x' + \tau) dx', \\ \Psi(x, \tau) &= \int_0^x e^{\frac{i\chi^2}{2k}x'} v(x' + \tau) dx'. \end{aligned} \quad (21)$$

Images (20), (21) can be used to model statistical inhomogeneities in the axis direction x . Consider the

case of a statistically inhomogeneous system characterized by a discrete spectrum. Using the results [12], for $\Phi(x, \tau)$ we obtain.

$$\begin{aligned} \Phi(x, \tau) &= \int_0^x e^{\frac{i\chi^2}{2k}x'} C_1 e^{-\frac{\beta_1^2}{2}(x'+\tau)} \cos \alpha_1(x' + \tau) dx' = \\ &= e^{\frac{i\chi^2}{2k}\tau} \int_\tau^{x+\tau} e^{\gamma y} \cos \alpha_1 y dy = \\ &= e^{\frac{i\chi^2}{2k}\tau} \left\{ \frac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + \gamma^2} e^{\gamma\tau} (e^{\gamma x} \sin \alpha_1(x + \tau) - \sin \alpha_1\tau) + \frac{\gamma}{\alpha_1^2 + \gamma^2} e^{\gamma\tau} \times \right. \\ &\quad \left. (e^{\gamma x} \cos \alpha_1(x + \tau) - \cos \alpha_1\tau) \right\}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Psi(x, \tau) &= \int_0^x e^{\frac{i\chi^2}{2k}x'} C_1 e^{-\frac{\beta_1^2}{2}(x'+\tau)} \sin \alpha_1(x' + \tau) dx' = \\ &= e^{\frac{i\chi^2}{2k}\tau} \int_\tau^{x+\tau} e^{\gamma y} \sin \alpha_1 y dy = \\ &= e^{\frac{i\chi^2}{2k}\tau} \left\{ \frac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + \gamma^2} e^{\gamma\tau} (-e^{\gamma x} \cos \alpha_1(x + \tau) + \cos \alpha_1\tau) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\gamma}{\alpha_1^2 + \gamma^2} e^{\gamma\tau} (e^{\gamma x} \sin \alpha_1(x + \tau) - \sin \alpha_1\tau) \right\}, \end{aligned}$$

$$\text{where } \gamma = -\frac{\beta_1^2}{2} + \frac{i\chi^2}{2k}.$$

Substituting these expressions in (20), we can obtain images for the correlation function.

Conclusions and prospects for further development of this area.

The models of nonstationary functions obtained in the article allow us to take into account the statistical inhomogeneity of the medium, for example, when studying the propagation of electromagnetic waves near the boundary of a random medium.

Model images for the correlation function can be obtained for partial cases of the spectrum of nonstationary random functions, and the corresponding real-value correlation functions can be constructed, which contain information about the complex spectrum.

This type of correlation function corresponds; for example, to either take into account the influence of the penumbra on the structure of the random field on the screen, or to take into account statistical inequalities of the screen edge, or the presence of statistical inhomogeneity of the emitter system. These images for the correlation function of the complex amplitude can be used, in particular, to build models of various statistically inhomogeneous screens.

Список літератури

- Воронцов М.А., Шмальгаузен В.И. Принципы адаптивной оптики / М.: Наука, 1985. – 336 с.
- Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидродинамика I ч. / М.: Наука, 1965. – 640 с.
- Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидродинамика II ч / М.: Наука, 1967. – 720 с.
- Татарский В.И. Распространение волн в турбулентной атмосфере / М.: Наука, 1967. – 548 с.
- Келлер Д.Б. Распространение волн в случайных средах. Гидродинамическая неустойчивость / М.: Мир, 1964, – С.265-288.
- Мініков А.О., Тирнов О.Ф., Статистична радіофізика / Харків: Факт, 2003. – 528 с.
- Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. II ч. Случайные поля / М.: Наука, 1978. – 464 с.
- Ишимуру А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах т.1 / М.: Мир, 1981. – 279 с.
- Ишимуру А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах т.2 / М.: Мир, 1981. – 317 с.
- Ishimaru Akira A New Approach to the Problem of Wave Fluctuations in Smoothly Varying Turbulence // IEEE Trans., Vol. AP-21, №1, 1973, pp. 47–53.
- Woo R., Ishimaru A. Effects of Turbulence in a Planetary Atmosphere on Radio Occultation // IEEE Trans., vol. AP-22, №4, 1974 pp, 566–573.
- Шаронова Н.В., Черемская Н.В. Корреляционная теория одного класса неоднородных случайных полей // Вестник Херсонского технического университета. 2004. – №1(19). – С.343–348.
- Гохберг И.Ц., Крейн М.Г. Введение в теорию линейных несамосогласованных операторов / М., 1965. – 448 с.
- Бейтмен Г., Эрдейн А. Высшие трансцендентные функции. Гипергеометрические функции. Функции Лежандра / М.: Наука, 1965. – 296 с.
- Бейтмен Г., Эрдейн А. Функции Бесселя, функции параболического цилиндра, ортогональные многочлены / М.: Наука, 1966. – 296 с.
- Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. / М.: Физматгиз, 1963. – 1100 с.
- Справочник по специальным функциям / М.: Наука, 1974. – 830 с.
- Люк Ю. Специальные математические функции и их аппроксимации / М.: Мир, 1980. – 608 с.
- Бухкало С.І. Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ТПВ // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2016. – № 19 (1191). – с. 23–32.
- Бухкало С.І. Визначення прикладів технологій дослідження у наукових роботах студентів. III міжн. конф. студентів та аспірантів «Сучасні технології харчових виробництв», 14–15 2020, Дніпро, Д.: Ліра, ДНУ ім. Олесь Гончара, с. 42–46.
- Бухкало С.І. Агейчева А.О., Агейчева О.О., Бабаш Л.В., Пшичкіна Н.Г. Методичні аспекти реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ», 2020. № 5(1359). С. 3–10.
- Kapustenko P., Klemeš J.J., Arsenyeva O., Bukhkalov S., Fedorenko O., Kusakov S. The Utilisation of Waste Heat from Exhaust Gases after Drying Process in Plate Heat Exchanger. Chemical Engineering Transactions, 81, 589-594.
- Bilous O., Sytnik N., Bukhkalov S., Glukhykh V., Sabadosh G., Natarov V., Yarmysh N., Zakharkiv S., Kravchenko T., & Mazaeva V. Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019), 6(11(102)), 66–73.
- Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2018. – № 18(1294). – С. 36–44.
- Bukhkalov S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyanskyy, L.L., Kapustenko, P.O., Arsenyeva, O.P., & Perevertaylenko, O.Yu. 2018. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical engineering transactions, 70, 2018, 2047–2052.

References (transliterated)

- Vorontsov M.A., Shmal'gauzen V.I. Printsipy adaptivnoy optiki / M.: Nauka, 1985. – 336 p.
- Monin A.S., Yaglom A.M. Statisticheskaya gidrodinamika I ch. / M.: Nauka, 1965. – 640 p.
- Monin A.S., Yaglom A.M. Statisticheskaya gidrodinamika II ch / M.: Nauka, 1967. – 720 p.
- Tatarskiy V.I. Rasprostraneniye voln v turbulentnoy atmosfere / M.: Nauka, 1967. – 548 p.
- Keller D.B. Rasprostraneniye voln v sluchaynykh sredakh. Gidrodinamicheskaya neustoychivost' / M.: Mir, 1964, pp. 265-288.
- Mínikov A.O., Tirnov O.F., Statistichna radiofizika / Kharkiv: Fakt, 2003. – 528 p.
- Rytov S.M., Kravtsov YU.A., Tatarskiy V.I. Vvedeniye v statisticheskuyu radiofiziku. II ch. Sluchaynyye polya / M.: Nauka, 1978. – 464 p.
- Isimaru A. Rasprostraneniye i rasseyaniye voln v sluchayno-neodnorodnykh sredakh t.1 / M.: Mir, 1981. – 279 p.
- Isimaru A. Rasprostraneniye i rasseyaniye voln v sluchayno-neodnorodnykh sredakh t.2 / M.: Mir, 1981. – 317 p.
- Ishimaru Akira A New Approach to the Problem of Wave Fluctuations in Smoothly Varying Turbulence // IEEE Trans., Vol. AP-21, №1, 1973, pp.47–53.
- Woo R., Ishimaru A. Effects of Turbulence in a Planetary Atmosphere on Radio Occultation // IEEE Trans., vol. AP-22, №4, 1974 pp 566–573.
- Sharonova N.V., Cheremskaya N.V. Korrelyatsionnaya teoriya odnogo klassa neodnorodnykh sluchaynykh poley // Vestnik Khersonskogo tekhnicheskogo universiteta. 2004. – №1(19), pp. 343–348.
- Gokhsberg I.TS., Kreyn M.G. Vvedeniye v teoriyu lineynykh nesamosopryazhennykh operatorov / M., 1965. – 448 p.
- Beytmen G., Erdeyn A. Vysshieye transdendentnyye funktsii. Gipegeometricheskiye funktsii. Funktsii Lezhandra / M.: Nauka, 1965. – 296 p.
- Beytmen G., Erdeyn A. Funktsii Besselya, funktsii parabolicheskogo tsilindra, ortogonal'nyye mnogochleny / M.: Nauka, 1966. – 296 p.
- Gradshteyn I.S., Ryzhik I.M. Tablitsy integralov, summ, ryadov i proizvedeniy. / M.: Fizmatgiz, 1963. – 1100 p.
- Spravochnik po spetsial'nym funktsiyam / M.: Nauka, 1974. – 830 p.
- Lyuk YU. Spetsial'nyye matematicheskiye funktsii i ikh approksimatsii / M.: Mir, 1980. – 608 p.
- Bukhkalov S.I. Modeli energetichnogo miksu dlja utilizatsii polimernoї chastki TPV // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2016. – № 19 (1191). pp. 23–32.
- Bukhkalov S.I. Viznachennja prikladiv tehnologij doslidzhennja u naukovih robotah studentiv. III mizhn. konf. studentiv ta aspirantiv «Suchasni tehnologii harchovih virobnictv», 14–15 2020, Dnipro, D.: Lira, DNU im. Olesja Gonchara, pp. 42–46.
- Bukhkalov S.I. Agejcheva A.O., Agejcheva O.O., Babash L.V., Pshichkina N.G. Metodichni aspekti reformuvannja distancijnogo navchannja v sistemі vishhoї osviti. Visnik NTU «HPI». H.: NTU «HPI», 2020. № 5(1359), pp. 3–10.
- Kapustenko P., Klemeš J.J., Arsenyeva O., Bukhkalov S., Fedorenko O., Kusakov S. The Utilisation of Waste Heat from Exhaust Gases after Drying Process in Plate Heat Exchanger. Chemical Engineering Transactions, 81, 589-594.
- Bilous O., Sytnik N., Bukhkalov S., Glukhykh V., Sabadosh G., Natarov V., Yarmysh N., Zakharkiv S., Kravchenko T., & Mazaeva V. Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019), 6(11(102)), 66–73.
- Bukhkalov S.I. Synergetichni modeli dlya ekologichnobezpechnih procesiv identyfikatsii-

- of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019), 6(11(102)), pp. 66–73.
27. Bukhhalo S.I. Sinergetichni modeli dlja ekologichnobezpechnih procesiv identifikacii-klasifikacii vtorinnih polimeriv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2018. – № 18(1294), pp. 36–44,
28. Bukhhalo, S.I., Klemeš, J.J., Tovazhnyanskyy, L.L., Kapustenko, P.O., Arsenyeva, O.P., & Perevertaylenko, O.Yu. 2018. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical engineering transactions, 70, 2018, pp. 2047–2052.

Надійшла (received) 19.05.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Черемська Надія Валентинівна (Черемская Надежда Валентиновна, Cheremskaya Nadezhda Valentinovna) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; тел.: (050) 225-15-44; e-mail: cheremskaya66@gmail.com.

Н. В. ЧЕРЕМСЬКА

ЗАСТОСУВАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ТЕОРІЇ НЕОДНОРІДНИХ ВИПАДКОВИХ ПОЛІВ ДО ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ СТАТИСТИЧНО НЕОДНОРІДНОГО ЕКРАНА

У статті розглянута задача про знаходження поля, яке створюється системою флюктуючих джерел, що знаходяться на екрані, яка характеризується кореляційною функцією, де $\widetilde{K_{\mu\mu}}(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ сепарабельна кореляційна функція. Це зображення відповідає випадковому полю на екрані, що є сумою сепарабельного поля та неоднорідного випадкового поля першого рангу, у якого істотно змінюється радіус кореляції на відстані l . Модель, яка вивчається в цій статті, не припускає некорельованості джерел та збігу законів змінювання інтенсивностей та тому відповідає системі джерел з істотно відмінними інтенсивностями та законами їхнього змінювання в напрямку поширення хвилі в поперечній площині. Кореляційна функція джерел не припускається сепарабельною та розподіл поля на екрані є неоднорідним випадковим полем першого рангу або є сумою сепарабельного поля та статистично неоднорідного поля першого рангу. Для знаходження розв'язку в наближенні параболічного рівняння запропоновано метод занурення у відповідний гільбертів простір, який дозволяє швидко та ефективно відшукувати статистичні характеристики розв'язку. Як приклад розглянуто вплив статистичної неоднорідності на функцію інтенсивності екрану, який світиться та має форму круглого диску. Отримана кореляційна функція поза екраном, яка містить інформацію про розмір та характер неоднорідностей випромінюючих джерел на екрані, що світиться. Проведено чисельний аналіз зображення для кореляційної функції у випадку, коли статистична неоднорідність середовища породжується наявністю неперервного спектру або спектру в нулі. У статті одержано наближені розрахункові формули для середнього температурного поля та його дисперсії, що враховують флюктуаційні процеси при розрахунку теплових режимів сонячних батарей, які дозволяють внести відповідні поправки при теоретичних розрахунках.

Ключові слова: моделювання статистичних властивостей середовища, кореляційна функція, сепарабельне поле, статистична неоднорідність, гільбертів простір, скалярний добуток, неперервний спектр оператора.

Н. В. ЧЕРЕМСКАЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ТЕОРИИ НЕОДНОРОДНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ К ИССЛЕДОВАНИЮ МОДЕЛИ СТАТИСТИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНОГО ЭКРАНА

В статье рассмотрена задача о нахождении поля, создаваемого системой флуктуирующих источников, находящихся на экране, которое характеризуется корреляционной функцией, где $\widetilde{K_{\mu\mu}}(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$ сепарабельная корреляционная функция. Это представление соответствует случайному полю на экране, являющегося суммой сепарабельного поля и неоднородного случайного поля первого ранга, у которого существенно меняется радиус корреляции на расстоянии l . Модель, которая изучается в этой статье, не предполагает некоррелируемости источников и совпадения законов изменения интенсивностей и поэтому соответствует системе источников с существенно отличающимися интенсивностями и законами их изменения в направлении распространения волны поширення хвилі в поперечной плоскости. Корреляционная функция источников не предполагается сепарабельной и распределение поля на экране является неоднородным случайным полем первого ранга или является суммой сепарабельного поля и статистически неоднородного поля первого ранга. Для нахождения решения в приближении параболического уравнения предложен метод погружения в соответствующее гильбертово пространство, который позволяет быстро и эффективно находить статистические характеристики решения. В качестве примера рассмотрено влияние статистической неоднородности на функцию интенсивности светящегося экрана, который имеет форму круглого диска. Получена корреляционная функция вне экрана, содержащая информацию о размере и характере неоднородностей излучающих источников на светящемся экране. Проведен численный анализ представления для корреляционной функции в случае, когда статистическая неоднородность среды порождается наличием непрерывного спектра или спектра в нуле. В статье получены приближенные расчетные формулы для среднего температурного поля и его дисперсии, которые учитывают флюктуационные процессы при расчете тепловых режимов солнечных батарей, позволяющие внести соответствующие поправки при теоретических расчетах.

Ключевые слова: моделирование статистических свойств среды, корреляционная функция, сепарабельное поле, статистическая неоднородность, гильбертово пространство, скалярное произведение, непрерывный спектр оператора.

**O. V. YEFIMOV, V. L. KAVERTSEV, T. V. POTANINA, T. A. HARKUSHA, L. I. TIUTIUNYK,
A. V. MOTOVILNIK**

METHODS AND APPROACHES TO SIMULATION, DIAGNOSTICS, FORECASTING EQUIPMENT STATE AND OPTIMIZATION OF ROBOT MODES OF NPP POWER UNITS

Nuclear power plants are the basis of energy in many countries of the world, which determines the pace of their economic development. At the same time, they as complex technological systems are objects of the increased technogenic danger. Therefore, ways to increase the reliability, safety and efficiency of NPP power equipment have already been developed and continue to be developed, which are largely based on diagnostic procedures. During the operation of power equipment, especially during its long period, its technical characteristics, and, consequently, the parameters of technological processes, change under the influence of external factors and as a result of wear, or even destruction, of individual structural elements. Changing the characteristics of the equipment usually leads to a decrease in the level of adequacy and to the loss of conformity of mathematical expressions in the models of the content of the processes described by them. The materials of the article consider the identification of mathematical models of NPP power unit equipment in the process of parametric diagnostics. Ways to increase the reliability, safety and efficiency of NPP power equipment have been developed and continue to be developed, which are largely based on diagnostic procedures. The use of the iterative process to find the values of the identified parameters can be used to identify mathematical models of technological processes in NPP power equipment, which increases the adequacy of models and the reliability of diagnostic conclusions in solving parametric diagnostic problems.

Keywords: NPP power units, identification, modeling, diagnostics.

Introduction.

The basis of energy in many countries around the world, which determines the pace of their economic development, are nuclear power plants. An NPP power unit with a PWPR-1000 pressurized water reactor is considered as an object of scientific research. This choice is due to the fact that these power units are the basis of the nuclear power industry in Ukraine: out of 15 installed NPP power units with a total capacity of 13,845 MW, 13 are NPP power units with PWPR-1000 (Table 1).

Table 1. Summary table of general data on nuclear power plants in Ukraine

Name nuclear plant	No power unit	A type reactor	Electric power of power unit, MW	Start year exploitation	Year of ending design life
Zapori-zhzhya NPP	1	PWPR-1000/320	1000	1984	2014
	2	PWPR -1000/320	1000	1985	2015
	3	PWPR -1000/320	1000	1986	2016
	4	PWPR -1000/320	1000	1987	2017
	5	PWPR -1000/320	1000	1989	2019
	6	PWPR -1000/320	1000	1995	2025
South-Ukrainian NPP	1	PWPR -1000/302	1000	1982	2012
	2	PWPR -1000/338	1000	1985	2015
	3	PWPR -1000/320	1000	1989	2019
Rivne nuclear plant	1	PWPR - 440/213	415	1980	2010
	2	PWPR - 440/213	420	1981	2011
	3	PWPR -1000/320	1000	1986	2016
	4	PWPR -1000/320	1000	2005	2034
Khmelnitsk NPP	1	PWPR -1000/320	1000	1987	2017
	2	PWPR -1000/320	1000	2005	2034

At the same time, they as complex technological systems are objects of the increased technogenic danger. Therefore, ways to increase the reliability, safety and

efficiency of NPP power equipment have already been developed and continue to be developed, which are largely based on diagnostic procedures.

Identification of mathematical models of NPP power unit equipment in the process of parametric diagnostics.

One of such methods is the use of automated systems of parametric diagnostics of power equipment based on mathematical modeling of technological processes as part of the ACS TP power units. Parametric diagnostics allows to establish the factors of deviations of equipment parameters from normal values as a result of changes in its design: certain technical parameters correspond to certain values of parameters.

There are various methods of automated parametric diagnostics of NPP power equipment based on mathematical modeling of technological processes. These are probabilistic methods for assessing the condition of equipment based on the comparison of calculated and normative values of diagnostic parameters [1, 2], methods based on the theory of fuzzy logic within the ideology of expert systems, [3], methods that use linear diagnostic models, [4, 5] and others.

The probability of the results of diagnosing with the help of these methods is largely determined by the level of adequacy of mathematical models of the equipment being diagnosed, the technological processes that take place in it.

However, during the operation of power equipment, especially during its long period, its technical characteristics, and, consequently, the parameters of technological processes, change under the influence of external factors and as a result of wear, or even destruction, of individual structural elements. Changing the characteristics of the equipment usually leads to a decrease in the level of adequacy and to the loss

of conformity of mathematical expressions in the models of the content of the processes described by them. For example, many of the formulas in the integrated methods of thermal and hydraulic calculations of heat and mass transfer power equipment [1, 6, 7] are obtained experimentally and contain numerical parameters that identify the model and process according to the results of experiments.

Table 2. The general scheme of the article according to the following descriptive algorithm

1	Object of scientific research:	NPP power unit with PWPR-1000 pressure reactor;
2	An object of increased man-made danger:	Complex technological systems for which ways to increase reliability, safety and efficiency have been developed and continue to be developed.
3	The aim of the study:	The problem of identification of mathematical models of equipment of NPP power units in the process of parametric diagnostics is considered.
4	Identification of mathematical models of NPP power unit equipment in the process of parametric diagnostics:	Automated systems of parametric diagnostics of power equipment based on mathematical modeling of technological processes.
5	Methods of automated parametric diagnostics of NPP power equipment:	Probabilistic methods of equipment condition assessment on the basis of comparison of calculated and normative values of diagnostic parameters; methods based on the theory of fuzzy logic within the ideology of expert systems; methods that use linear diagnostic models.
6	Probability of diagnostic results:	The level of adequacy of mathematical models of the diagnosed equipment to technological processes proceeding in it is defined;
7	Mathematical models of technological processes:	Represent a system of nonlinear algebraic equations.
8	Conclusions.	Using the iterative process to find the values of the identified parameters, it is possible to identify mathematical models of technological processes in the power equipment of NPPs, which will increase the adequacy of models, and hence the probability of diagnostic conclusions in solving parametric diagnostics.

However, the design of the diagnosed objects and the values of the parameters of technological processes in them may, as mentioned above, over time differ from the conditions of the experiments in which the corresponding calculation formulas were obtained. Therefore, to increase the reliability of the results of parametric diagnostics, it is necessary to identify mathematical models of processes before diagnosis, in other words, adjust them based on the analysis of measurement results of process parameters in discrete moments preceding the time of diagnosis (Table 2).

In general, mathematical models of technological processes in power equipment, based on integrated methods of calculation [1, 6, 7], are a system of nonlinear algebraic equations:

$$Y = f(X, \Lambda, G), \quad (1)$$

where X – vector input model;

$\Lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T$ – vector of numerical parameters obtained on the basis of field experiments to verify the process model.;

G – vector of the set design characteristics of the equipment;

Y – vector source model data.;

$f = (f_1, f_2, \dots, f_m)^T$ – symbolic record of the functional relationship between X, Λ, G and Y .

Consider the case of identification of a mathematical model of equipment, when the individual derivatives of vector functions f on $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ variables can be represented analytically. Suppose that the vector Y is a vector-column of the measured initial parameters of the technological process $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)^T$. Then, using archival data of measurements of process parameters for the previous period of operation of the equipment, it is possible to calculate average value of a vector: \bar{Y} :

$$\bar{Y} = (\bar{y}_1, \bar{y}_2, \dots, \bar{y}_m)^T. \quad (2)$$

Substituting these values in (1), we obtain m equations for numerical parameters $\lambda_j, j = \overline{1, n}$:

$$\left. \begin{array}{l} \bar{y}_1 = f_1(X, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n, G) \\ \bar{y}_2 = f_2(X, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n, G) \\ \\ \bar{y}_m = f_m(X, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n, G) \end{array} \right\}. \quad (3)$$

If in (3) $m = n$, that is, when the number of equations is equal to the number of identified parameters $\lambda_j, j = \overline{1, n}$, the solution of the system of nonlinear equations can be found by standard methods of

computational mathematics, for example, by the modified Newton's method [8, 9]:

$$\Lambda_{k+1} = \Lambda_k - W^{-1}(\Lambda_0) \cdot f(X, \Lambda_k, G), \quad (4)$$

where $\Lambda_k = (\lambda_1^{(k)}, \lambda_2^{(k)}, \dots, \lambda_n^{(k)})^T$,

$$\Lambda_0 = (\lambda_1^{(0)}, \lambda_2^{(0)}, \dots, \lambda_n^{(0)})^T = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T,$$

k – iteration number,

$W^{-1}(\Lambda_0)$ – matrix inverse to the Jacobi matrix

$W(\Lambda_0)$:

$$W(\Lambda_0) = f'(\Lambda_0) = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial \lambda_1} & \frac{\partial f_1}{\partial \lambda_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial \lambda_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial \lambda_1} & \frac{\partial f_2}{\partial \lambda_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial \lambda_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_m}{\partial \lambda_1} & \frac{\partial f_m}{\partial \lambda_2} & \dots & \frac{\partial f_m}{\partial \lambda_n} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

For the case when the number of equations is less than the number of identified parameters $\lambda_j, j = \overline{1, n}$, such an approach has been developed. Instead of a matrix $W(\Lambda_0) = f'(\Lambda_0)$ the matrix is considered $W_1(\Lambda_0)$, consisting of absolute values of the matrix W :

$$W_1(\Lambda_0) = |f'(\Lambda_0)| = \begin{pmatrix} \left| \frac{\partial f_1}{\partial \lambda_1} \right| & \left| \frac{\partial f_1}{\partial \lambda_2} \right| & \dots & \left| \frac{\partial f_1}{\partial \lambda_n} \right| \\ \left| \frac{\partial f_2}{\partial \lambda_1} \right| & \left| \frac{\partial f_2}{\partial \lambda_2} \right| & \dots & \left| \frac{\partial f_2}{\partial \lambda_n} \right| \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \left| \frac{\partial f_m}{\partial \lambda_1} \right| & \left| \frac{\partial f_m}{\partial \lambda_2} \right| & \dots & \left| \frac{\partial f_m}{\partial \lambda_n} \right| \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Список літератури

1. Єфімов О.В., Пилипенко М.М., Потаніна Т.В., Каверцев В.Л., Гаркуша Т.А. Реактори і парогенератори енергоблоків АЕС: схеми, процеси, матеріали, конструкції, моделі [текст] / за ред. О.В. Єфімова – Харків: ТОВ «В справі». 2017. – 420 с.
2. Аналіз сучасних методів і підходів до математичного моделювання та оптимізації параметрів технологічних процесів в енергетичному устаткуванні енергоблоків ТЕС і АЕС / О.В. Єфімов, Л.І. Тютюник, В.Л. Каверцев, Т.А. Гаркуша, А.В. Мотовільник, П.В. Ліфшиць / Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових дослідженнях студентів. 2020. №6, с. 49–53.
3. Экспертные системы. Принцип работы и примеры / Брукинг А., Джонс Р., Кокс Ф. и др. Под редакцией Форсайта Р. // М.: Радио и связь, 1987. – 547 с.
4. Зарицкий С.П. Диагностика газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом / С.П. Зарицкий. М.: Недра, 1987. 198 с.
5. Ефимов А.В. Метод построения диагностических моделей оборудования энергоустановок / А.В. Ефимов, С.Л. Зевин, А.В. Аль-Тувайни // Вестник НТУ «ХПИ». Харьков: НТУ «ХПИ». – 2002. – Вып.13. – С.153-157.
6. Каневец Г.Е. Обобщенные методы расчета теплообменников / Г.Е. Каневец. – К.: Наукова думка, 1979. – 352 с.
7. Шкловер Г.Г. Исследование и расчет конденсационных устройств паровых турбин / Г.Г. Шкловер, О.О. Мильман. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 270 с.
8. Воеводин В.В. Матрицы и вычисления / В.В. Воеводин, Ю.А. Кузнецов. – М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 320 с.
9. Демидович Б.П. Основы вычислительной математики / Б.П. Демидович, И.А. Марон. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970. – 664 с.

Using a matrix $W_1(\Lambda_0) = |f'(\Lambda_0)|$, a square Jacobi matrix is formed $W_2(\tilde{\Lambda}_0)$ dimension $m_1 \times m_1$, whose columns contain elements with the maximum values of the modules of the derivatives $\max_{i,j} \left| \frac{\partial f_i}{\partial \lambda_j} \right|$, $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$, and the determinant is not equal to zero.

With $m_1 \leq m$ i $\Lambda_0 = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{m_1})^T$ (taking into account the corresponding change in the numbering of parameters λ_j). That is, in this case, the identification of the model of technological processes is carried out using a matrix $W_2(\tilde{\Lambda}_0)$.

At $m > n$, that is, when the number of equations is greater than the number of identified parameters $\lambda_j, j = \overline{1, n}$, a similar approach is used as for the case $m < n$, with the only difference being the matrix $W_2(\tilde{\Lambda}_0)$ are formed from the matrix term $W(\Lambda_0) = f'(\Lambda_0)$.

If derivatives $\frac{\partial f_i}{\partial \lambda_j}$ in the Jacobi matrix it is

difficult to calculate in analytical form, it is possible to use existing software implementations of models (1) [1, 2] and with their help to calculate derivatives approximately by the formula:

$$\frac{\partial f_i}{\partial \lambda_j} \approx \frac{1}{2\Delta\lambda_j} (f(X, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j + \Delta\lambda_j, \dots, \lambda_n, G) - f(X, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j - \Delta\lambda_j, \dots, \lambda_n, G)) \quad (7)$$

Conclusions.

Thus, using the iterative process to find the values of the identified parameters, it is possible to identify mathematical models of technological processes in NPP power equipment, which will increase the adequacy of models, and hence the probability of diagnostic conclusions in solving parametric diagnostics.

References (transliterated)

1. Yefimov O.V., Pilipenko M.M., Potanina T.V., Kavertsev V.L., Harkusha T.A. Reactors and steam generators of NPP power units: schemes, processes, materials, structures, models [text] / ed. O.B. Yefimova – Kharkiv: LLC «In business». 2017. – 420 p.
2. Analysis of modern methods and approaches to mathematical modeling and optimization of process parameters in power equipment of TPP and NPP power units / O.B. Yefimov, LI Tiutiunyk, V.L. Kavertsev, T.A. Harkusha, A.V. Motovilnik, PV Lifshys / Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in student research. 2020. №6, pp. 49–53.
3. Expert systems. Principle of operation and examples / Brooking A., Jones R., Cox F. et al. Edited by Forsythe R. // M.: Radio and communication, 1987. – 547 p.
4. Zaritsky S.P. Diagnostics of gas-pumping units with a gas turbine drive / S.P. Zaritsky. – M.: Nedra, 1987. – 198 p.
5. Efimov A.V. Method of constructing diagnostic models of power plant equipment / A.V. Efimov, S.L. Zevin, Adel Al-Tuwayni // Bulletin of NTU «KhPI». Kharkov: NTU «KhPI». 2002. – Issue 13, pp. 153–157.
6. Kanevets G.E. Generalized methods of calculating heat exchangers / G.E. Kanevets. – K.: Naukova Dumka, 1979. 352 p.
7. Shklover G.G. Research and calculation of condensation devices for steam turbines / G.G. Shklover, O.O. Milman. – M.: Energoatomizdat, 1986. – 270 p.
8. Voevodin V.V. Matrixes and calculations / V.V. Voevodin, Yu.A. Kuznetsov. – M.: Main edition of physical and mathematical literature, 1984. – 320 p.
9. Demidovich B. P. Fundamentals of Computational Mathematics / B.P. Demidovich, I.A. Maroon. – M.: Science. Ch. ed. phys-mat. lit., 1970. – 664 p.

Надійшла (received) 19.05.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Єфімов Олександр Вячеславович (Efimov Olexander Vyacheslavovich) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3300-7447>;

e-mail: AVEfimov22@gmail.com

Каверцев Валерій Леонідович (Kavertsev Valery Leonidovich) – кандидат технічних наук, доцент кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9472-1658>;

e-mail: kavertseff@gmail.com

Потаніна Тетяна Володимирівна (Potanina Tetiana Volodymyrivna) – кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8216-7901>;

e-mail: Tetiana.Potanina@khpi.edu.ua

Гаркуша Тетяна Анатоліївна (Harkusha Tetyana Anatoliivna) – науковий співробітник кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

e-mail: lara.tyutyunik@gmail.com

Тютюник Лариса Іванівна (Tiutiunyk Larysa Ivanivna) – кандидат технічних наук, доцент кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3128-497X>;

e-mail: lara.tyutyunik@gmail.com

Мотовільник Анастасія Вадимівна (Motovilnik Anastasiia Vadimovna) – аспірантка, кафедра парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна.

e-mail: lara.tyutyunik@gmail.com

**О. В. ЄФІМОВ, В. Л. КАВЕРЦЕВ, Т. В. ПОТАНІНА, Т. А. ГАРКУША, Л. І. ТЮТЮНИК,
А. В. МОТОВІЛЬНИК**

**МЕТОДИ І ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ, ДІАГНОСТИКИ, ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ
УСТАТКУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕНЕРГОБЛОКІВ АЕС**

У статті розглянута проблема ідентифікації математичних моделей устаткування енергоблоків АЕС в процесі параметричної діагностики. Основою енергетики в багатьох країнах світу, яка зумовлює темпи їх економічного розвитку, є атомні електростанції. В той же час, саме вони як складні технологічні системи є об'єктами підвищеної техногенної небезпеки. Тому вже розроблені і продовжують розроблятися способи підвищення надійності, безпеки та ефективності енергетичного устаткування АЕС, які, в значній мірі, спираються на діагностичні процедури. Одним з таких способів є застосування в складі АСУ ТП енергоблоків АЕС автоматизованих систем параметричної діагностики енергетичного устаткування, заснованих на математичному моделюванні технологічних процесів. Параметрична діагностика дозволяє встановити чинники відхилень параметрів устаткування від нормальних значень в результаті появи змін в його конструкції: певним значенням параметрів відповідають певні технічні стани. Існують різні методи автоматизованої параметричної діагностики енергетичного устаткування АЕС, що базуються на математичному моделюванні технологічних процесів. Вірогідність результатів діагностування за допомогою цих методів багато в чому визначається рівнем адекватності математичних моделей устаткування, що діагностується, тим технологічним процесам, які протікають в ньому. Застосування ітераційного процесу для знаходження значень ідентифікованих параметрів можна застосувати для здійснення ідентифікації математичних моделей технологічних процесів в енергетичному устаткуванні АЕС. Це дозволяє підвищити адекватність моделей й вірогідність діагностичних висновків при вирішенні задач параметричної діагностики.

Ключові слова: енергоблоки АЕС, ідентифікація, моделювання, діагностика.

**А. В. ЕФИМОВ, В. Л. КАВЕРЦЕВ, Т. В. ПОТАНИНА, Т. А. ГАРКУША, Л. И. ТЮТЮНИК, А. В.
МОТОВИЛЬНИК**

**МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ, ДИАГНОСТИКЕ, ПРОГНОЗИРОВАНИЮ
СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РОБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКОВ
АЭС**

В статье рассмотрена проблема идентификации математических моделей оборудования энергоблоков АЭС в процессе параметрической диагностики. Основой энергетики во многих странах мира, обуславливающей темпы их экономического развития, являются атомные электростанции. В то же время, именно они как сложные технологические системы являются объектами повышенной техногенной опасности. Поэтому уже разработаны и продолжают разрабатываться способы повышения надежности, безопасности и эффективности энергетического оборудования АЭС, которые в значительной степени опираются на диагностические процедуры. Одним из таких способов является применение в составе АСУ ТП энергоблоков АЭС автоматизированных систем параметрической диагностики энергетического оборудования, основанных на математическом моделировании технологических процессов. Параметрическая диагностика позволяет установить факторы отклонений параметров оборудования от нормальных значений в результате появления изменений в его конструкции: определенным значениям параметров соответствуют определенные технические состояния. Существуют различные методы автоматизированной параметрической диагностики энергетического оборудования АЭС, основанных на математическом моделировании технологических процессов. Достоверность результатов диагностирования с помощью этих методов во многом определяется уровнем адекватности математических моделей диагностируемого оборудования, тем технологическим процессам, которые протекают в нем. Применение итерационного процесса для нахождения значений идентифицированных параметров можно применить для осуществления идентификации математических моделей технологических процессов в энергетическом оборудовании АЭС. Это позволяет повысить адекватность моделей и достоверность диагностических выводов при решении задач параметрической диагностики.

Ключевые слова: энергоблоки АЭС, идентификация, моделирование, диагностика.

С.І. БУХКАЛО, Л.Л. РУДНЕВА, В.О. ОЛЬХОВСЬКА

РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙ З ЗАСТОСУВАННЯ РОСЛИННИХ ВОСКІВ У СТОМАТОЛОГІЇ

У матеріалах статті розглядається можливість застосування у стоматології рослинних восків, технологія видобування яких полягає у використанні у якості сировини соняшникового лушпиння. Розроблено та досліджено деякі теоретичні і експериментальні моделі технології з урахуванням проведеного аналізу літературних джерел інформації. Визначено напрямки оптимізації та підвищення енергоефективності систем з конкретизацією типових заходів виробництва. Описано алгоритм інтенсифікації розвитку ринку – виявлення зв'язків основних характеристик комплексних систем медико-біологічних аспектів як середовища існування людини у сфері надання медичних послуг й взаємодії з навколишнім простором з метою попередження розповсюдження різновидів захворювань: вибір методу видобування рослинних восків – сировини та продукту різновидів харчової та інших технологій; класифікація-ідентифікація факторів та характеристик, що впливають на ефективність обраного методу технології видобування; порівняльна характеристика різновидів сировини, технологій та методів їх дослідження; наукове обґрунтування та розрахунки оптимальних параметрів систем технології; вибір сучасних технологічних схем та обладнання для спеціальних методів дослідження можливостей практичного застосування рослинних восків у стоматології.

Ключові слова: соняшникове лушпиння, рослинні воски, безпека сировини та матеріалів у стоматології, алгоритм дії.

Вступ. Для сучасних виробництв олій і жирів притаманні комплексні інноваційні характеристики: відбуваються суттєві структурні зміни, спрямовані на інтенсифікацію технологічних процесів та операцій виробництва і максимальне використання відходів олієжирової галузі агропромислового комплексу України. В процесі переробки олійної сировини, особливо соняшника, на стадіях шеретування насіння і під час рафінації олії на стадії виморожування воскоподібних компонентів утворюються відходи, що не знаходять подальшого кваліфікованого застосування для різновидів продукції харчового та іншого призначення.

Різновиди восків знаходять широке застосування для потреб харчової, медичної, косметичної, електротехнічної, паперової промисловості, а також у виробництві ряду продуктів військово-технічного та космічного призначення, продукції шинної та гумово-технічної галузей. Треба відзначити, що вітчизняних сировинних ресурсів натуральних восків тваринного та рослинного походження недостатньо. Економічними умовами України суттєво обмежена можливість імпорту будь-яких восків. Таким чином, дослідження, спрямовані на створення наукового обґрунтування технології вилучення і застосування восків з вторинних продуктів олієжирової галузі є актуальними та своєчасними.

Мета дослідження. Загальні питання технології за темою можна визначити алгоритмом дії:

- 1) Вибір методу вилучення рослинних восків – сировини та продукту різновидів харчової та інших технологій.
- 2) Класифікація-ідентифікація факторів та характеристик, що впливають на ефективність обраного методу технології вилучення.
- 3) Порівняльна характеристика різновидів сировини, технології та методів її дослідження.

4) Вибір та розрахунки оптимальних параметрів систем технології.

5) Вибір сучасних технологічних схем та обладнання [1–6, 8–12].

Об'єкт дослідження – технологія вилучення рослинних восків з соняшникового лушпиння – вторинної сировини олієжирової галузі, та технологічні можливості застосування рослинних восків з вторинної сировини в стоматологічній галузі.

Предмет дослідження – фізико-хімічні властивості одержаних восків соняшникового лушпиння; обґрунтування основних технологічних параметрів процесу видобування рослинних восків з вторинної сировини олієжирової галузі.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Воски рослинних (ВР) олій – це складні суміші з переважаючим складом – ефірів високомолекулярних жирних кислот і одноатомних високомолекулярних спиртів (табл. 1). До воскової фракції ліпідів входять також вільні високомолекулярні жирні кислоти та спирти, стериoli, стериди, вуглеводи, лактони, ектоліпіди та інші високоплавкі елементи.

Для дослідження обрані рослинні воски, які локалізовані в оболонці насіння (лушпинність насіння складає 23–26 %) і в процесі добування олії переходять в неї. Хімічний склад соняшникового насіння, в основному залежить від сорту, кліматичних умов, ґрунту та культивування [1–5].

Останнім часом культивується ранньостигле сортове та гібридне насіння соняшнику з високою олійністю. У нових сортів соняшнику значно змінився хімічний склад ядра, змінилося співвідношення гідрофобної (жирової) і гідрофільної (нежирової) частин ядра.

© Бухкало С.І., Руднева Л.Л., Ольховська В.О., 2021

Ліпідні залишки лушпиння соняшникового насіння в умовах хімічної лабораторії вилучали відомим методом екстракції за допомогою апарату Сокслета (ДСТУ 7577:2014). Воскоподібні компоненти виділяли кристалізацією з отриманої місцели за розробленими методиками.

Аби досягти найліпшого результату, необхідно не тільки розробити технологію, яка б урахувала б усі можливі фактори, але й використовувати сировину найбільш придатну для вилучення

воскоподібних компонентів – сировину з великою олійністю. Задля визначення доцільності використання ВР, як компоненту для безпечного використання у стоматології, окрім порівняння характеристик восків рослинних, одержаних з соняшникового лушпиння, з показниками інших рослинних восків, які використовують для цих цілей (табл. 1), була проведена порівняльна оцінка показників.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні характеристики різновидів восків

Показник	Карнаубський віск	Парафін	Бджолиний віск	ВР
1	2	3	4	5
Кислотне число, мг КОН/г	1-12	-	18-22	2-17
Йодне число, % I ₂	5-14,5	-	7-11	11,0-12,4
Ефірне число, мг КОН	75-86	-	87-107	98-108
Температура плавлення, °С	80-90	45-65	60-70	65-73
Температура кристалізації, °С	86-90	50-56	60-70	70-74
Густина, г/см ³	0,960-0,970	0,915	0,950-0,970	0,920-0,960
Показник заломлення,	1,4752	1,4420	1,4467	1,4410-1,4500



Зразок 1

Зразок 2

Зразок 3

Зразок 4

Рис. 1 – Зразки різновидів соняшникового лушпиння

Для визначення найбільш олійного соняшникового лушпиння (СЛ) порівняли ліпідний залишок ВР (рис. 1): зразок 1 – СЛ ПрАТ з П «Дніпропетровський олійноекстракційний завод (ОЗ»); зразок 2 – СЛ ВАТ ТПК «ОліПром», м. Дніпро); зразок 3 – СЛ (ПрАТ «ОЗ», м. Полтава); зразок 4 – СЛ (ЗАТ «Пологівський ОЗ»).

Аби досягти найліпшого результату, необхідно не тільки розробити технологію, яка б урахувала усі можливі фактори, але й використовувати сировину найбільш придатну для вилучення ВР – сировину з великою олійністю (рис. 2.).

Проаналізувавши отримані дані, зробили висновок, що насіння соняшнику, хоча і стало дрібніше, але воно більш олійне. Лушпиння з найбільшим вмістом ліпідів є зразок. Насіння має тонке, щільно прилегле до ядра лушпиння, повітряний прошарок між ядром і лушпинням практично відсутній, тому вміст ліпідів у лушпинні 2,8–3,2%.

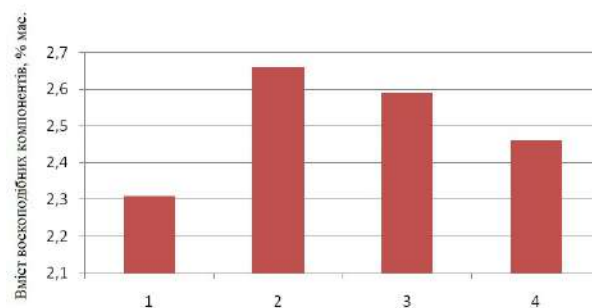


Рис. 2 – Вміст воскоподібних компонентів у лушпинні різних зразків

Результати дослідження за класифікацією-ідентифікацією процесів та алгоритмами взаємодії.

Метою даної роботи є також розширення галузей використання восків, одержаних з соняшникового лушпиння, з урахуванням даних попереднього аналізу виділених восків за всіма показниками нормативної документації галузі, а також науково-

обґрунтоване дослідження можливості їх практичного застосування [13–18].

Воски, як матеріали, що застосовуються в стоматології для зняття відбитків, тимчасовий матеріал, з якого створюють моделі різного призначення – спеціальні воскові композиції (технологічні воски) допоміжного призначення. До восків пред'являються певні вимоги залежно від сфери застосування:

1) мала усадка (не більше 0,1–0,15% за обсягом на кожен градус при охолодженні від температури 90 до 20°C);

2) достатні пластичні властивості (плинність під навантаженням при температурі в інтервалі 37–45°C);

3) достатня твердість при температурі 37–40°C (для забезпечення збереження форми без спотворень при вилученні з порожнини рота);

4) відсутність липкості і розшарування в процесі обробки; відсутність зольності (зольність не повинна перевищувати 0,05% після прожарювання при 500 °C, тобто виключення утворення нальоту або нагару на стінках форми після випалювання воскової моделі);

5) гомогенність при розм'якшенні, відсутність розшаровування;

6) восковий шар повинен триматися на моделі і зрощуватися з попередньо нанесеним шаром матеріалу;

7) моделювальні воски повинні бути пофарбовані в яскраві контрастні кольори, що облегшує процес моделювання, і при цьому не фарбувати гіпсову модель.

Слід відзначити, що такі суперечливі вимоги (наприклад, крихкість і еластичність, і ін.) неможливо об'єднати в одному універсальному воску. Цим і пояснюється велике різноманіття восків зуботехнічних. Для створення воскових композицій застосовуються воски природні (мінеральні, рослинні і тваринного походження), синтетичні (полімери) і модифікатори (смоли різної природи і речовини, які направлено змінюють властивості воскових сумішей). Природні воски містять в основному вуглеводні (парафін, церезин, озокерит, віск-монтан) і естери вищих жирних кислот і вищих одноатомних спиртів (стеарин, воски бджолиний, карнаубський та інші). Всі ці компоненти, співвідносні між собою в певній пропорції, дозволяють отримати віск з набором домінуючих властивостей, які й зумовлюють їх клінічне застосування у стоматології.

Залежно від застосування воски прийнято ділити на три групи: моделювальні (для вкладок, литтєвий, базисний); допоміжні (липкий, універсальний, для різних робіт); коректувальні.

Навіть з воску хорошої якості модель може мати надлишкові внутрішні напруги, якщо її створити з деяким порушенням технології. Якщо віск розм'якшують шляхом нагрівання і потім охолоджують, то він піддається дії внутрішніх напружень. Повторний нагрів, а в ряді випадків

просто тривале зберігання отриманої моделі, може призвести до її деформування. Зберігання в охолоджених умовах сприяє деякому зменшенню деформації через зняття напружень, які більшою мірою виявляються в перші 2–3 години після виготовлення моделі.

Іншою характеристикою воскових моделей, про яку також необхідно пам'ятати, є коефіцієнт теплового розширення (КТР). Це один з недоліків, який більшою чи меншою мірою властивий всім сучасним воскам. Моделювальні воски мають КТР більше іншого стоматологічного матеріалу: від $300 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$ до $350 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$.

Тому слід пам'ятати, що при виготовленні точних конструкцій з воску можлива їх усадка при охолодженні. І якщо не контролювати зміна розмірів моделі, яка піддається дії перепаду температур, і не вживати заходів, компенсуючих усадку, то розміри моделі можуть змінюватися навіть в десятках частках відсотка. Випустити хороший віск, який задовольняє вимогам техника, тобто це непросте завдання, тому що часом у кожного спеціаліста цієї

галузі є своє сприйняття воску в роботі і з приводу одного і того ж воску часто зустрічаються дуже різні думки. Віск зуботехнічний різного призначення: базисний і прикусні валики, моделювальний, погрузний, липкий. Віск базисний застосовується для моделювання базисів знімних протезів, ортодонтичних апаратів і індивідуальних ложок, виготовлення воскових базисів з оклюзійними валиками (шаблонів) і випускається у вигляді прямокутних пластин рожевого кольору розмірами (170 x 80 x 1,8) мм в упаковці по 500 г. Віск володіє високою пластичністю, добре формується в розігрітому стані, обробляється інструментом, що не ламаючись і розшаровуючись; має гладку поверхню після легкого оплавлення над полум'ям пальника; повністю і без залишку вимивається киплячою водою з гіпсових форм. Завдяки незначною термічної усадку, віск зберігає сталість доданої форми базису на гіпсовій моделі. До складу воску входять: парафін, який добре скоблю шпателем; церезин, підвищувальний стійкість воскової композиції до окислення, ріжеться, не пристає до зубів, не розсипається при розминці; бджолиний віск, що поліпшує пластичність і моделювальні властивості композиції, а також для більшого комфорту пацієнта надає приємний запах меду. Віск моделювальний призначений для виготовлення вкладок, коронок, вставок, литих кламерів, напівкоронок, дуг і каркасів бюгельних і мостовидних протезів методом лиття по випалюваних моделях. Основними компонентами воску, що застосовують зараз у стоматології є парафін, церезин, натуральні і синтетичні смоли.

Перед моделюванням систем стоматологічних матеріалів попередньо віск необхідно злегка розм'якшити над полум'ям пальника або під лампою розжарювання, або помістивши в водяну баню при температурі води 45–50°C на 3–5 хвилин, не допускаючи оплавлення і розтікання. Перегрів воску

при наявності інших компонентів системи тут же призводить до його непридатності. При розробці рецептури погрузного воску враховувалося основна вимога до таких композицій: віск повинен створити необхідну товщину стінок ковпачка, при цьому ковпачок повинен бути в міру еластичним, але не деформуватися. Віск зуботехнічний погрузний являє собою воскову позицію, що дозволяє отримати восковий ковпачок з товщиною стінок $(0,35 \pm 0,05)$ мм. Робоча температура – від $+75$ до $+90$ °C, час занурення – 2 секунди.

Випускається у вигляді усічених конусів визначеного кольору (наважка 150 г), при правильному дотриманні методики – простий в при трансформаційних змін: в воскову ванночку завантажують воскові конуси, розплавляють їх і нагрівають розплав до температури $85-90^{\circ}\text{C}$, не перегріваючи віск. Штабик, покритий компенсційним лаком, занурюють в розплавлений віск. Через 2 секунди штабик виймають з розплаву воску, зберігаючи на короткий час контакт з поверхнею воску, що дозволить уникнути утворення краплі на ковпачку. Багаторазово використаний віск необхідно частіше міняти і не змішувати з новою порцією, так як віск забруднюється ізолювання і його якість знижується.

До воску липкого основна вимога – склеювати. Віск липкий застосовується в стоматологічній практиці для склеювання ланок металевих протезів при підготовці їх до спаювання, а також використовується при ремонті знімних протезів і з'єднання фрагментів гіпсових моделей. Віск зуботехнічний липкий випускається як циліндричних паличок довжиною 82 мм і діаметром 8,5 мм, коричневого кольору, по 10 штук (наважка 50 г), містить натуральні і синтетичні воски та каніфоль, що забезпечує хорошу адгезію до металу і гіпсу (не менше 0,9 МПа).

Віск володіє необхідною для стоматології міцністю, має зручну для застосування форму (палички). Температура каплепадіння воску липкого – не менше 65°C , зольність при температурі 500°C – не більше 0,2%. У нагрітому стані віск липкий добре розтікається і точно з'єднує елементи протезів.

Результати дослідження технологічних можливостей виробництва рослинних восків. Розроблено принципову схему процесу видобування ВР з соняшникового лушпиння (рис. 3) з урахуванням підготовчих та заключних стадій виробництва [1–5].

Розроблено типову технологічну схему процесу вилучення ВР з соняшникового лушпиння (рис. 4) Отримане на стадії шеретування насіння лушпиння надходить в екстрактор із сорочкою 2, до екстрактора через форсунки зверху, насосом 11 через теплообмінник 1 з ємності для розчинника 9 подається гексан. Отримана місцела в гарячому стані проходить через листовий фільтр 3, де очищується від сміттєвих домішок. Далі очищена місцела

насосом 10 подається в кристалізатор 7, де проходить виморожування воскоподібних компонентів.



Рис. 3 – Принципова схема процесу видобування воскоподібних компонентів з лушпиння різних зразків

Отриманий розчинник надходить у ємність для розчинника 9 [1–5].

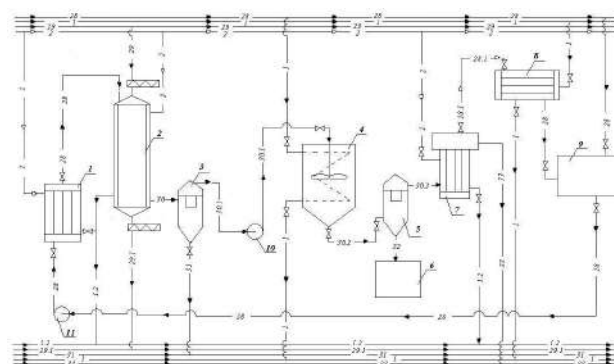


Рис. 4 – Технологічна схема вилучення воскоподібних компонентів з соняшникового лушпиння методом перколяції

Відділення кристалів воску відбувається на листовому фільтрі 5, звідки отримані ВКСЛ направляються у ємність для зберігання 6, а відфільтрована місцела, для відгонки та подальшого використання розчинника подається у дистилятор 7, пари з якого конденсуються в теплообміннику 8. Для визначення раціональних параметрів процесу проводиться аналіз виходу рослинних восків з соняшникового лушпиння в залежності від тривалості екстракції та розміру лушпиння (дроблене або неподрібнене). Одержані результати представлені у вигляді кривих (рис. 5).

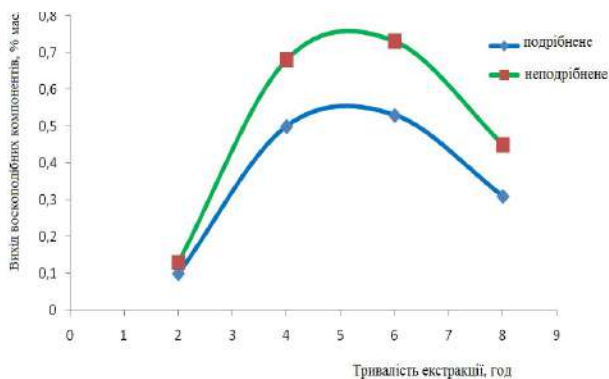


Рис. 5 – Вихід воскоподібних компонентів з соняшникового лушпиння

Для визначення максимального виходу воскоподібних компонентів порівнювали екстракцію з подрібненого та неподрібненого лушпиння. Вихід воскоподібних компонентів з подрібненого лушпиння нижчий ніж з неподрібненого – подрібнене лушпиння має більшу поверхню і кристали воскоподібних компонентів добре адсорбуються на поверхні подрібненого лушпиння, при цьому, подрібнення лушпиння ускладнює технологічний процес та збільшує економічні витрати. Не залежно від наявності стадії подрібнення лушпиння, для одержання максимального виходу воскоподібних компонентів проведення процесу протягом 2 год замало – максимальний вихід воскоподібних компонентів відбувається при проведенні процесу екстракції протягом 6 год. Але він незначно відрізняється від показника після 4 год., тому раціональним значенням тривалості процесу можна вважати 4 год.

Економічна оцінка розроблених технологічних рішень показала, що застосування перколяції в якості методу видобування восків рослинних з соняшникового лушпиння як відходу олієвидобувної галузі із застосуванням засад безвідходного виробництва, типового устаткування, дозволяє одержати конкурентоспроможний товарний продукт, який має значно нижчу вартість на рівні 151,25 грн./кг, ніж розповсюджені бджолиний віск, вартість якого на рівні 640 грн./кг, карнаубський віск, вартість якого становить близько 1790 грн./кг.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку. Практична значимість проведених досліджень з виявлення зв'язків основних характеристик комплексних систем має наступні аспекти: експериментальне обґрунтування можливих напрямків переробки відновлюваних рослинних відходів – соняшникового лушпиння з отриманням цінних речовин і матеріалів з різними функціональними властивостями.

Результати дослідження показали можливості їх застосування для різновидів технологічних процесів у якості сировинного ресурсу, наприклад:

1. Визначення методів дослідження, що дозволять встановити науково-обґрунтовані вимоги до різновидів технологічних процесів.

2. Для визначених умов та характеристик процесів запропоновано різновиди технологічних схем, що забезпечує виконання специфічних показників у різновидах процесів виробництва.

3. Під час досліджень встановлена необхідність формулювання оцінки якості та характеристик комплексних систем у спеціальних процесах виробництва.

Слід відмітити, постійне зростання попиту на безпеку життєдіяльності людини, тобто:

- застосування високоефективних інноваційних комплексних технологій, техніки та обладнання;

- вивчення експериментальних даних застосування воскоподібних компонентів з соняшникового лушпиння для різновидів технологічних процесів стоматології у якості сировинного ресурсу;

- внесення пропозиції щодо вдосконалення систем застосування воскоподібних компонентів у різновидах технологічних процесів стоматології.

Ці фактори стимулюють подальше розвинення досліджень з метою розробки сучасних енергоефективних систем застосування воскоподібних компонентів у різновидах технологічних процесів [1–8, 14–23].

Список літератури

1. Руднева Л.Л., Бухкало С.І. Деякі можливості комплексної переробки рослинної сировини / Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП», 2014. Вип. 16. С. 105–112.
2. Руднева Л.Л., Бухкало С.І. Расширение возможностей комплексной переработки растительного сырья. Оралдын гылым жаршысы. Уральск: «Фирма Сервер+», 2015. № 5 (136). С. 33–39.
3. Руднева Л.Л., Бухкало С.І. Химико-технологические процессы утилизации растительных восков / Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности [Текст]: сб. н. трудов Межд. н-техн. конф., 105-летие со дня рождения А.Н. Плановского (8-9 сентября 2016.). Т. 2. М.: ФГБОУ ВО МГУДТ, 2016. – С.185–188.

4. Руднева Л.Л., Бухкало С.І. Складові використання та дослідження відходів переробки насіння соняшника. // Інформаційні технології, техніка, технологія, освіта та здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2017, 17-19.05.2017, Х., НТУ «ХПІ», с. 53.
5. Руднева Л.Л., Бухкало С.І., Лакіза О.В., Черваков О.В. Рослинні воски як модифікатори властивостей еластомерних і полімерних матеріалів. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2021, №1, – С. 90–100.
6. Руднева Л.Л. Технологія переробки воскоподібних компонентів у продукти харчового та технічного призначення: дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.06 : галузь знань 18 / Лариса Леонідівна Руднева; наук. керівник Бухкало С.І.; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків, 2021. – 172 с.
7. Руднева Л.Л. Технологія переробки воскоподібних компонентів у продукти харчового та технічного призначення: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.06 : галузь знань 18 / Лариса Леонідівна Руднева; наук. керівник Бухкало С.І.; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків, 2021. – 21 с.
8. Руднева Л.Л. Рослинні воски як модифікатори властивостей полімерних композицій / Л.Л. Руднева, С.І. Бухкало, О.В. Лакіза, О.В. Черваков // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 1. – С. 37–44.
9. Руднева Л.Л. Перспективні напрямки використання продуктів переробки олійної сировини у виробництво олієжирових та косметичних продуктів / Л.Л. Руднева, С.І. Бухкало // Програма та матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції («Перспективи розвитку м'ясої, молочної та олієжирової галузей в контексті євроінтеграцій»). – К.: НУХТ, 2015. – С.151–152.
10. Руднева Л.Л. Розробка та дослідження комплексної переробки відходів насіння / Руднева Л.Л., Бухкало С.І. // Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD–2015 («Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я»), 20–22 травня 2015 р., Ч. II. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 302..
11. Руднева Л.Л. Исследование процессов утилизации растительных восков / Л.Л. Руднева, С.И. Бухкало // Материалы VI Межд. н-техн. Симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ–2017», Межд. н-техн. Форума «Первые межд. Косыгинские чтения. Т. 2. – ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. – С. 178–181.
12. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
13. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
14. Руднева Л.Л. Можливості комплексного застосування різновидів воску для косметичної галузі / Л.Л. Руднева, С.І. Бухкало // XXVI Міжнародна науково-практична конференція MicroCAD–2019 «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», 15–17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 328.
15. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglan S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
16. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
17. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 160–166.
18. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 72–80.
19. Zipunnikov, Mykola; Bukhkalov, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. *French-Ukrainian Journal of Chemistry*, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
20. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhkalov, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
21. Bukhkalov, S. I., Klemes, J. J., Tovazhnyanskyy, L. L., Arsenyeva, O. P., Kapustenko, P. O., & Perevertaylenko, O. Y. (2018). Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 70, 2047–2052. doi:10.3303/CET1870342.
22. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhkalov, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaves and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
23. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю) [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.

References (transliterated)

1. Rudneva L.L., Bukhkalov S.I. Dejaki mozhlivosti kompleksnoi pererobki roslinnoi sirovini / Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2014. Vip. 16, pp. 105–112.

2. Rudneva L.L., Buhkalo S.I. Rasshirenie vozmozhnostej kompleksnoj pererabotki rastitel'nogo syr'ja. Oral'dyn gylym zharshysy. Ural'sk: «Firma Server+», 2015. No. 5 (136), pp. 33–39.
3. Rudneva L.L., Buhkalo S.I. Himiko-tehnologicheskie processy utilizacii rastitel'nyh voskov / Povyshenie jeffektivnosti processov i apparatov v himicheskoj i smezhnyh otrasljah promyshlennosti [Tekst]: sb. n. trudov Mezhd. n-tehn. konf., 105-letie so dnja rozhdenija A N. Planovskogo (8-9 sentjabrja 2016). T. 2. M.: FGBOU VO MGUDT, 2016, – pp.185–188.
4. Rudneva L.L., Buhkalo S.I. Skladovi vikoristannja ta doslidzhennja vidhodiv pererobki nasinnja sonjashnika. // Informacijni tehnologii, tehnika, tehnologija, osvita ta zdorov'ja: tezi dopovidej XXV mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2017, 17-19.05, Kh., NTU «KhPI», p. 53.
5. Rudneva L.L., Buhkalo S.I., Lakiza O.V., Chervakov O.V. Roslinni voski jak modifikatori vlastivostej elastomernih i polimernih materialiv. Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii. 2021, No. 1, pp. 90–100.
6. Rudneva L.L. Tehnologija pererobki voskopodibnih komponentiv u produkti harchovogo ta tehničnogo priznachennja: dis. ... kand. tehn. nauk : spec. 05.18.06 : galuz' znan' 18 / Larisa Leonidivna Rudneva; nauk. kerivnik Buhkalo S.I.; Nac. tehn. un-t «Harkiv. politehn. in-t». – Harkiv, 2021. – 172 p.
7. Rudneva L.L. Tehnologija pererobki voskopodibnih komponentiv u produkti harchovogo ta tehničnogo priznachennja: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk : spec. 05.18.06 : galuz' znan' 18 / Larisa Leonidivna Rudneva; nauk. kerivnik Buhkalo S.I.; Nac. tehn. un-t «Harkiv. politehn. in-t». – Harkiv, 2021. – 21 p.
8. Rudneva L.L. Roslinni voski jak modifikatori vlastivostej polimernih kompozicij / L.L. Rudneva, S.I. Buhkalo, O.V. Lakiza, O.V. Chervakov // Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – No. 1, pp. 37–44.
9. Rudneva L.L. Perspektivni naprjamki vikoristannja produktiv pererobki olijnoi sirovini u virobniectvo oliezhirovih ta kosmetichnih produktiv / L.L. Rudneva, S.I. Buhkalo // Programa ta materiali III Mizhnarodnoi naukovo-tehnicnoi konferencii («Perspektivi rozvitku m jasnoi, molochnoi ta oliezhirovoi galuzej v konteksti cvointegracij»). – K.: NUHT, 2015, pp.151–152.
10. Rudneva L.L. Rozrobka ta doslidzhennja kompleksnoi pererobki vidhodiv nasinnja / Rudneva L.L., Buhkalo S.I./ Materiali XXIII Mizhnarodnoi naukovo-prakticnoi konferencii MicroCAD–2015 («Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja»), 20–22 travnja 2015 r., Ch. II. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 302..
11. Rudneva L.L. Issledovanie processov utilizacii rastitel'nyh voskov / L.L. Rudneva, S.I. Buhkalo // Materialy VI Mezhd. n-tehn. Simpoziuma «Sovremennye jenergo- i resursosberegajushhie tehnologii SJeTT–2017», Mezhd. n-tehn. Forumu «Pervye mezhd. Kosybinskie chtenija. T. 2. – FGBOU VO «RGU A.N. Kosygina», 2017, pp. 178–181.
12. Buhkalo S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursivnih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI», p. 217.
13. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
14. Rudneva L.L. Mozhlivosti kompleksnogo zastosuvannja riznovidiv vosku dlja kosmetichnoi galuzi / L.L. Rudneva, S.I. Buhkalo // XHVI Mizhnarodna naukovo-prakticna konferencija MicroCAD–2019 «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja», 15–17 travnja 2019 r.: u 4 ch. Ch.II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 328.
15. Buhkalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2019. № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
16. Buhkalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2017): Ch. III, p. 14.
17. Buhkalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernykh othodov kak kom-plekse innovacionnykh proektiv. Visnik NTU «KhPI». 2012. № 10, pp. 160–166.
18. Buhkalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnykh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». 2012. № 10, pp 72–80.
19. Zipunnikov Mykola; Buhkalo Svetlana; Kotenko Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/ fujcV7I2, pp. 138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal>.
20. Bilous, O., Sytnik, N., Buhkalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. doi:http:// dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/186442>.
21. Buhkalo S.I., Klemes J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., & Perevertaylenko O.Y. (2018). Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 70, 2047–2052. doi:10.3303/CET1870342.
22. Bilous O., Demidov I., Buhkalo S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
23. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju) [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoi literaturi»: 2019, 108 p.

Надійшла (received) 19.05.2021

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhhalo Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>;

e-mail: bis.khr@gmail.com

Руднева Лариса Леонідівна (Руднева Лариса Леонидовна, Rudnieva Larysa Leonidovna) – кандидат технічних наук, викладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна;

e-mail: larisarudneva4@gmail.com

Ольховська Вікторія Олегівна (Ольховская Виктория Олеговна, Olkhovska Victoria Olegovna) – студентка 3 курсу ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

С.И. БУХКАЛО, Л.Л. РУДНЕВА, В.О. ОЛЬХОВСКАЯ

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИЙ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ВОСКОВ В СТОМАТОЛОГИИ

В материалах статьи рассматривается возможность применения в стоматологии растительных восков, технология извлечения которых основана на использовании в качестве сырья подсолнечной лузги. Разработаны и исследованы некоторые теоретические и экспериментальные модели технологии с учетом проведенного анализа литературных источников информации. Определены направления оптимизации и повышения энергоэффективности систем с конкретизацией типовых мероприятий производств. Описан алгоритм интенсификации развития рынка – выявление связей основных характеристик комплексных систем медико-биологических аспектов как среды обитания человека в сфере оказания медицинских услуг и взаимодействия с окружающим пространством с целью предупреждения распространения разновидностей заболеваний: выбор метода извлечения растительных восков – сырья и продукта разновидностей пищевой и других технологий; классификация-идентификация факторов и характеристик, влияющих на эффективность выбранного метода технологии извлечения; сравнительная характеристика видов сырья технологии и методов ее исследования; научное обоснование и расчеты оптимальных параметров систем технологии; выбор современных технологических схем и оборудования для специальных методов исследования возможностей практического применения восков в стоматологии.

Ключевые слова: подсолнечная лузга, растительные воски, безопасность сырья и материалов в стоматологии, алгоритм действия.

S.I. BUKHKALO, L.L. RUDNIEVA, OLKHOVSKA VICTORIA

DEVELOPMENT OF INNOVATIONS IN THE APPLICATION OF VEGETABLE WAXES IN DENTISTRY

The article discusses the possibility of using vegetable waxes in dentistry, the extraction technology of which is based on the use of sunflower husks as raw materials. Some theoretical and experimental models of technology have been developed and investigated, taking into account the analysis of literary sources of information. The directions of optimization and improvement of energy efficiency of systems are determined with the specification of standard production measures. An algorithm for intensifying market development is described - identifying the links between the main characteristics of complex systems of biomedical aspects as a human environment in the provision of medical services and interaction with the surrounding space in order to prevent the spread of varieties of diseases: the choice of a method for extracting plant waxes - raw materials and products of varieties of food and others technologies; classification-identification of factors and characteristics that affect the efficiency of the selected method of extraction technology; comparative characteristics of raw materials of technology and methods of its research; scientific substantiation and calculations of the optimal parameters of technology systems; selection of modern technological schemes and equipment for special research methods of the possibilities of practical application of waxes in dentistry.

Key words: sunflower husk, vegetable waxes, safety of raw materials in dentistry, algorithm of action.

М. Ф. ПОРОХНЯ**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ (ТЕМПЕРАТУРА РОЗЧИНУ, НАВАНТАЖЕННЯ ПО ГАЗУ) НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ КАРБОНІЗАЦІЇ В ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ**

В представленій статті проаналізовані можливості підвищення ефективності процесів виробництва очищеного бікарбонату натрію, наприклад, означено, що інтенсивність перемішування відіграє досить значну роль. Недоліки «класичних» конструкцій бікарбонатних колон визначені за рахунок дослідження впливу основних технологічних параметрів процесу карбонізації в промислових умовах виробництв. Представлені результати експериментальної перевірки можливості інтенсифікації процесу карбонізації содобікарбонатного розчину шляхом підвищення газового навантаження в промислових умовах. Визначено найбільш оптимальні фізичні показники проведення процесу карбонізації содобікарбонатного розчину при якому досягається найкраща якість кінцевого продукту; зростання газового навантаження спричиняє зростання кількості дрібних кристалів, яке супроводжувалося незадовільним виходом суспензії з колони. Визначено, що перш за все, це було обумовлено збільшенням ступеня прогазованості рідкої фази в колоні при підвищенні газового навантаження; оптимальною температурою содобікарбонатного розчину визначена температура 82°C при газовому навантаженні 2900–3000 нм³/год, що супроводжувалося утворенням найбільшої кількості крупних кристалів при найменшій кількості дрібнодисперсних кристалів і впливає на ефективність промислового процесу карбонізації.

Ключові слова: очищений бікарбонат натрію, карбонізація, бікарбонатні колоні, газове навантаження.

Вступ. На сьогоднішній день обсяги виробництва очищеного бікарбонату натрію зростають досить великими темпами. Причиною такого зростання є попит на цей продукт зі сторони, перш за все, харчової та фармацевтичної промисловості, зумовлений щорічним зростанням чисельності населення нашої планети. У зв'язку з цим, першочерговою задачею для будь якого содового виробництва є забезпечення підвищення його продуктивності [1–5], наприклад, дослідження та визначення конструкцій механічних абсорберів, у яких поверхня контакту взаємодії фаз утворюється за рахунок підведеної ззовні механічній енергії або позитивний досвід і аналіз чинників, що впливають на процес термообробки, на прикладі кальцинації технічного бікарбонату натрію в апараті з імпульсно-псевдозрідженим шаром.

Як правило, підвищення продуктивності виробництва соди та содопродуктів у більшості випадків пов'язано з необхідністю зміни конструктивних характеристик основного колонного обладнання, а саме – діаметру апаратів. Конструктивне вдосконалення завжди потребує значних капіталовкладень, у зв'язку з чим, при можливості, слід звертати увагу на інші варіанти оптимізації виробничих процесів.

Постановка проблеми у загальному вигляді. У процесах виробництва очищеного бікарбонату натрію інтенсивність перемішування відіграє досить значну роль:

по-перше, воно обумовлює винесення дрібних кристалів в верхню частину колони, які там відіграють роль центрів кристалізації;

по-друге, інтенсивне перемішування запобігає відкладанню бікарбонату натрію як на тарілках, так і в нижній частині колони.

Так, для отримання кристалів бікарбонату натрію хорошої якості та достатньої крупності в бікарбонатних колонах необхідний досить великий час перебування рідини в апараті. Це обумовлює великі габарити бікарбонатних колон і, як наслідок, низькі швидкості газової фази.

Особливо відчутно вплив швидкості на гідродинаміку в нижній частині колони, де витрати газу малі ще й в силу високого тиску. Це призводить до нерівномірного розподілу газу по перетину апарату, поганого контакту газу з рідиною, швидкому заростання вузла вивантаження, що вимагає подальшого промивання колони.

Часті зупинки бікарбонатних колон на промивку знижують витратні коефіцієнти вихідних матеріалів та продуктивність колони.

В «класичних» конструкціях бікарбонатних колон відведення суспензії здійснюється, як правило, через штуцер в днищі колони, що насправді не є дуже ефективним. У днищі колони відбувається згущення суспензії і відкладення бікарбонату. Наявність горизонтальних ділянок на трубопроводі і запірної апаратури в цьому випадку призводить до забивання і вимагає пропарювання трубопроводів [6, 7]. Іншим недоліком «класичних» конструкцій бікарбонатних колон є нерівномірний розподіл газу за поперечним перерізом, обумовлений низькими навантаженнями по газу, які сильно знижують ефективність роботи апаратів.

Більш рівномірний розподіл газу за поперечним перерізом колони збільшує поверхню контакту фаз та інтенсифікує поглинання CO₂ в нижній частині колони. Це дозволить [8, 9], у свою чергу, провести позитивні зміни процесів виробництва, наприклад:

© Порохня М.Ф., 2021

- збільшити пробіг колони між чистками;
- підвищити її продуктивність за рахунок зменшення зупинок на промивання;
- поліпшити абсорбцію CO_2 в нижній частині колони і знизити втрати CO_2 ;
- поліпшити якість кристалів.

Таким чином, основний акцент при вирішенні питань інтенсифікації процесів карбонізації содобенікарбонатних розчинів при виробництві очищеного бікарбонату натрію має бути спрямований на питання оптимізації технологічних параметрів (тиск газу в колоні, температура процесу, концентрація CO_2 в газі та ін.), а також на забезпечення рівномірного розподілу газу по перетину колони, та на забезпечення інтенсивного перемішування.

Виходячи з аналізу як літературних так і виробничих даних можна встановити, що на сьогоднішній день виробництво очищеного бікарбонату натрію пов'язане з низкою певних взаємозалежних проблем:

- 1) недостатньою оптимізацією хіміко-технологічних процесів;
- 2) недосконалістю конструкції бікарбонатних (карбонізаційних) колон;
- 3) підвищеною екологічною небезпекою виробництв.
- 4) фінансовими втратами внаслідок простою колон, через їхнє забивання, що призводить до проблем з виходом на проектну добову продуктивність та внаслідок екологічних платежів через скидання в атмосферу вуглекислого газу.

При цьому екологічні та фінансові проблеми виробництв очищеного бікарбонату натрію є похідними від перших двох.

Дослідження впливу основних технологічних параметрів (температура розчину, навантаження по газу) на ефективність процесу карбонізації в промислових умовах. В промислових умовах експерименти проводилися на колоні з сітчастими тарілками на одному з заводів Індії. Відбір проб і заміри показань приладів проводилися з інтервалом в 1 годину.

Сітчасті бікарбонатні колони, встановлені в цеху очищеного бікарбонату натрію на заводі, мають діаметр 2400 мм та висоту 30000 мм. В нижній частині колони встановлено зубчастий конічний розподільник газу (рис. 1) з діаметром меншого отвору – 1200 мм.

Також в колоні встановлено 6 сітчастих тарілок з отворами діаметром 82 мм. Відстань між тарілками складає 3500 мм. Перша тарілка розташована на висоті 4000 мм.

При проведенні обстеження контролювалися наступні параметри:

- 1) витрата, тиск, температура і вміст CO_2 в газі на вході в колону;
- 2) температура, тиск і вміст CO_2 в газі після колони;
- 3) температура рідини по висоті колони.

Відбиралися проби суспензії, які аналізувалися:

- 1) содобенікарбонатний розчин на вході в колону на вміст Na_2CO_3 ; NaHCO_3 , NaCl ;
- 2) суспензія з пробовідбірників, встановлених на висоті колони і на виході з апарату - на вміст Na_2CO_3 , NaHCO_3 і NaCl ;
- 3) періодично відбиралися проби для визначення пересичення розчину по NaHCO_3 , при цьому одночасно відбиралися проби для визначення гранулометричного складу і питомої поверхні кристалів бікарбонату натрію.



Рис. 1. Перетин нижньої частини бікарбонатної колони з розподільним конусом

Інтенсивність масообміну в колоні визначалася за допомогою ефективного коефіцієнта швидкості абсорбції [10, 11]:

$$K_{\text{эф}} = -\frac{\alpha}{H} \ln \frac{2 - R_{\text{вых}}}{2 - R_{\text{вх}}} \quad (1)$$

де H – робоча висота колони або її зони;

$R_{\text{вх}}$, $R_{\text{вых}}$ – ступінь карбонізації розчину відповідно на вході і виході з колони;

α – щільність зрошення, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

Результати дослідження впливу основних технологічних параметрів (температура розчину, навантаження по газу) на ефективність процесу карбонізації. Першим етапом досліджень було вивчення впливу температури содобенікарбонатного розчину на ступінь абсорбції CO_2 (ступінь бікарбонізації) при рекомендованому робочому тиску в колоні (2,1–2,2 атм.) та при балансовому навантаженню по газу ($2500 \text{ нм}^3/\text{год}$).

Так, у таблиці 1 представлені аналітичні дані по роботі бікарбонатної колони, що дозволяють простежити залежність розміру кристалів бікарбонату натрію і ступеня поглинання CO_2 содобенікарбонатним розчином від його температури.

Графічне зображення аналізованих параметрів представлено на рисунках 2 і 3.

Таблиця 2 – Дані по роботі бікарбонатної колони в різні періоди

Параметри	I	II	III	IV
Температура, °C	84	78,4	80,11	81,8
Тиск, бар	2,05	1,98	2,036	2,13
Ступінь карбонізації, %	59	66	61	64
Розмір кристалів:				
150 мкм	31,06	4,87	16,28	24,29
106 мкм	28,8	11,05	23,6	28,3
<75 мкм	12,8	65,27	26,66	18,8

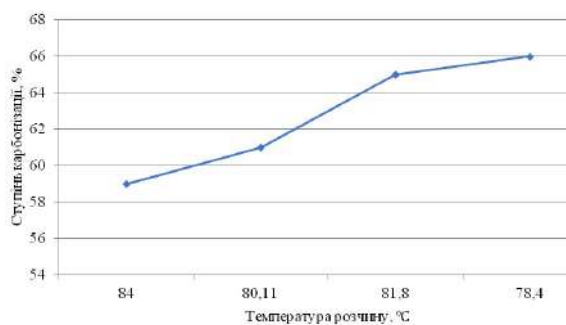


Рис. 2. Графік залежності ступеня карбонізації від температури содобікарбонатного розчину

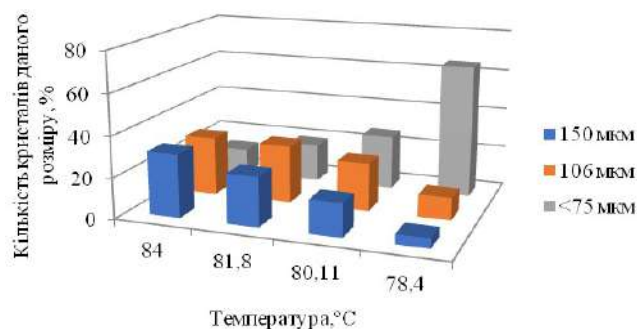


Рис. 3. Графік залежності розмірів кристалів від температури

Дослідження впливу газового навантаження на підвищення ефективності процесу карбонізації проводилося на колонах А та С цеху очищеного

бікарбонату натрію. Результати досліджень представлені на рисунках 4 та 5.

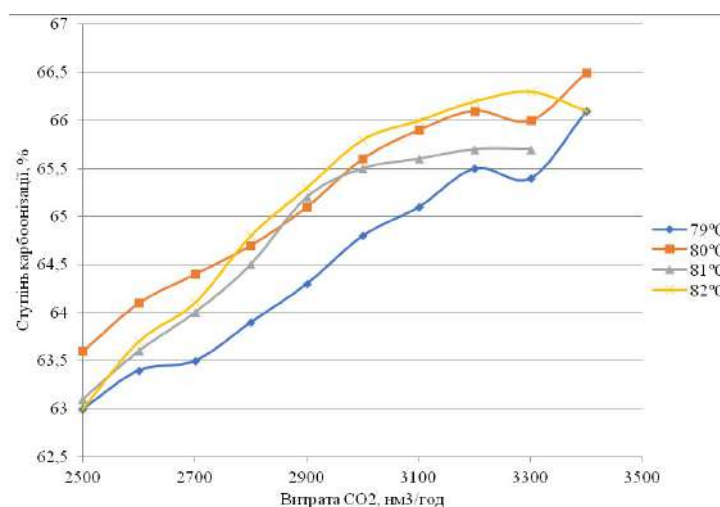


Рис. 4. Залежність ступеня карбонізації від газового навантаження при різних температурах

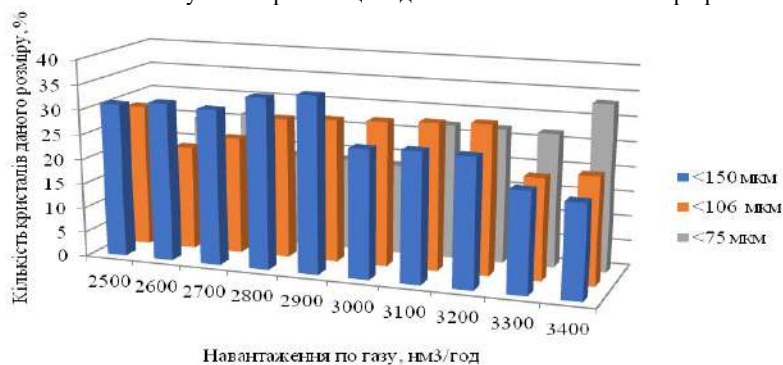


Рис. 5. Залежність розміру кристалів від навантаження по газу при температурі 79°C

Як видно з рисунку 4, найбільша ступінь карбонізації була досягнута при максимальному газовому навантаженню при максимальній температурі содобікарбонатного розчину, що у свою чергу суперечить закону Генрі. Проте аналіз зразків розчину, взятих в верхній частині колони свідчив про винесення утворення великої кількості центрів

кристалізації в результаті винесення з нижньої частини колони внаслідок підвищення газового потоку кристалів NaHCO_3 (рис. 5–8).

Як видно з рисунка 5, найбільша кількість крупних кристалів була утворена при навантаженні по газу $<3000 \text{ нм}^3/\text{год}$.

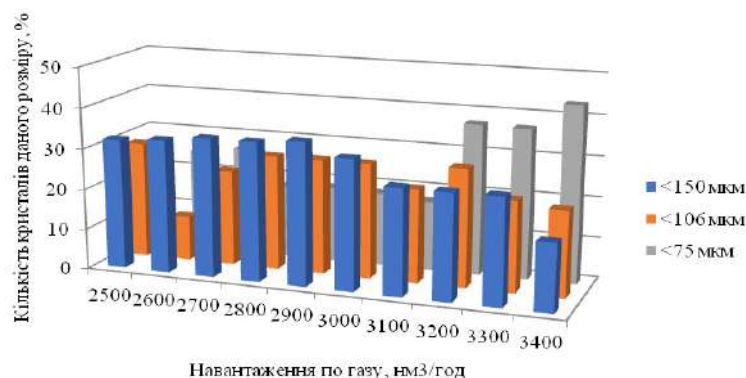


Рис. 6. Залежність розміру кристалів від навантаження по газу при температурі 80°C: даний випадок характеризувався зменшення розмірів кристалів.

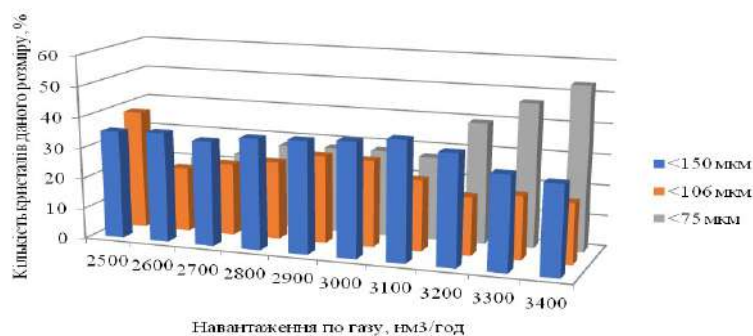


Рис. 7. Залежність розміру кристалів від навантаження по газу при температурі 81°C

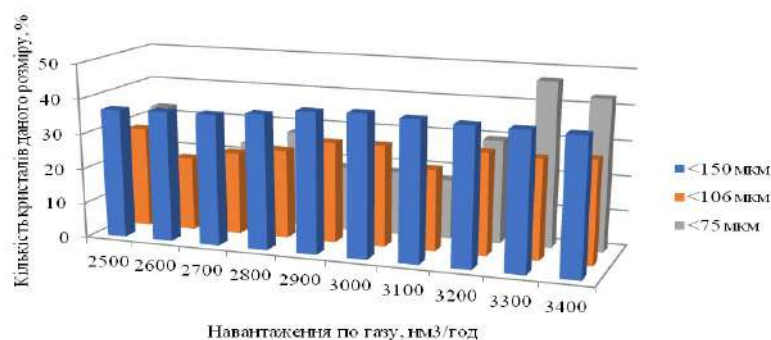


Рис. 8. Залежність розміру кристалів від навантаження по газу при температурі 82°C

Виходячи з рисунка 7, при температурі 81°C з навантаженням по газу від 2500 до 3400 $\text{нм}^3/\text{год}$ кількість кристалів з розміром 106–150 $\mu\text{м}$ знаходиться майже на одному рівні.

Виходячи з даних, наведених на рисунку 8, даний випадок характеризувався утворення найбільшої кількості крупних кристалів.

Отже, в результаті дослідження було встановлено, що найкращі показники кінцевого

продукту при карбонізації содобікарбонатного розчину можуть бути досягнуті при середньому навантаженню по газу при даному матеріальному балансу та продуктивності. І для даного випадку знаходяться на рівні 2900–3000 $\text{нм}^3/\text{год}$.

При цьому, слід зазначити, найкращою умовою для технологічного процесу є температура содобікарбонатного розчину, яка тримається на рівні 81-82°C.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

В результаті аналізу промислових даних було виявлено, що зростання газового навантаження спричиняє зростання кількості дрібних кристалів, яке супроводжувалося незадовільним виходом суспензії з колони. Перш за все, це було обумовлено збільшенням ступеня прогазованості рідкої фази в колоні при підвищенні газового навантаження.

Незадовільний вихід суспензії з колони починав спостерігатися в кінці першої доби її роботи і проявлявся в нестабільності титрів карбонату натрію в рідині на виході з колони.

Через незадовільний вихід суспензії з колони

при її роботі на підвищених навантаженнях відбувалося осадження кристалів бікарбонату натрію в бочці-базі та заростання отворів на нижніх контактних елементах. Після декількох діб роботи колони бочка-база практично повністю забивалася бікарбонатом натрію і колона або зупинялася на промивку, або пропарювалася.

Таким чином було зазначено, що оптимальною температурою содобікарбонатного розчину була температура 82 °C при газовому навантаженні 2900–3000 нм³/год, яке супроводжувалося утворенням найбільшої кількості крупних кристалів при найменшій кількості дрібнодисперсних кристалів, що підтверджує ефективність запропонованих заходів.

Список літератури

1. Товажнянський Л.Л. Процеси та апарати хімічної технології / Л.Л. Товажнянський, А.П. Готлінська, І.О. Нечипоренко. І.С. Чернишов // Харків, НТУ. 2006. – Ч.1. – 540 С.
2. Товажнянський Л.Л. Процеси та апарати хімічної технології / Л.Л. Товажнянський, А.П. Готлінська, І.О. Нечипоренко І.С. Чернишов. – Харків, НТУ. 2006. – Ч.2. – 540 С.
3. Фрумин В.М., Бухкало С.И., Питюлин И.Н., Бурин В.М. Механические роторные абсорберы. Интегрированные технологии та энергосбережения. – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – №1, с. 125–128.
4. С.И. Бухкало, В.М. Гут, В.Л. Бурин, В.М. Фрумин, В.М. Бурштейн. Кальцинация технического гидрокарбоната натрия в аппарате с импульсно-кипящим слоем. Вестник НТУ «ХПИ». – Х. : НТУ «ХПИ», 2005. – Вып. 52.
5. Расчеты по технологии неорганических веществ: Учебн. Пособие / Товажнянський Л.Л., Новиков В.Г., Бухкало С.И., Фрумин, В.М. и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – 92 с.
6. Колмановский И.И. Производство двууглекислого натрия (бикарбоната) / И.И. Колмановский. – М.: Химия, 1964. – 166 с.
7. Порожня М.Ф. Аналіз впливу технологічних параметрів процесу карбонізації содобікарбонатного розчину у виробництві очищеного бікарбонату натрію на ступінь абсорбції CO₂ / М.Ф. Порожня // Екологічні науки: науково-практичний. – К. : ДЕА, 2019. – № 1(24). Т. 2. – С.169–173.
8. Maharlooa D.G. Process intensification and environmental consideration of sodium bicarbonate production in an industrial soda ash bubble column reactor by CO₂ recycling. J. of CO₂ Utiliz. 2017. Vol. 20. P. 318–327.
9. Порожня Н.Ф., Фрумин В.М., Бурин В.Л. Анализ влияния основных технологических параметров карбонизации содового раствора в производстве очищенного бикарбоната натрия на качество конечного продукта / Н.Ф. Порожня, В.М. Фрумин, В.Л. Бурин // Химия и технология производств основной химической промышленности. Сборник научных трудов. – Х.: ГУ НИОХИМ, 2019. – Т. 79. – С. 32–39.
10. Михайлова Е.Н., Лукьянчиков А.А. Исследование условий достижения наибольшего выхода натрия бикарбоната на стадии карбонизации производства соды / Е.Н. Михайлова, А.А. Лукьянчиков // Химия и технология производств основной химической

промышленности. Сборник научных трудов. – Х.: ГУ НИОХИМ, 2019. – Т. 79. – С. 75–79.

11. Tan L. S., Shariff A. M., Lau K. K., Bustam M. A. Factors affecting CO₂ absorption efficiency in packed column / L.S. Tan, A.M. Shariff, K.K. Lau, M.A. Bustam // J. of Industrial and Eng. Chem. – 2012. – Vol. 18. – Iss.6. – P. 1874–1883.

Bibliography (transliterated)

1. Tovazhnjans'kij L.L. Procesi ta aparati himichnoï tehnologii / L.L. Tovazhnjans'kij, A.P. Gotlins'ka, I.O. Nechiporenko. I.S. Chernishov // Kharkiv, NTU. 2006. – Ch.1. – 540 p.
2. Tovazhnjans'kij L.L. Procesi ta aparati himichnoï tehnologii / L.L. Tovazhnjans'kij, A.P. Gotlins'ka, I.O. Nechiporenko I.S. Chernishov. – Kharkiv, NTU. 2006. – Ch.2. – 540 p.
3. Frumin V.M., Buhkalo S.I., Pitjulin I.N., Burin V.M. Mehanicheskie rotornye absorbery. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. – Kh.: NTU «KhPI», 2006. – №1, pp. 125–128.
4. S.I. Buhkalo, V.M. Gut, V.L. Burin, V.M. Frumin, V.M. Burshtejn. Kal'cinacija tehničeskogo gidrokarbonata natrija v apparate s impul'sno-kipjashhim sloem. Vestnik NTU «KhPI». – Kh. : NTU «KhPI», 2005. – Vyp. 52.
5. Raschety po tehnologii neorganicheskikh veshhestv: Uchebn. Posobie / Tovazhnjanskij L.L., Novikov V.G., Buhkalo S.I., Frumin V.M. i dr. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. – 92 p.
6. Kolmanovskij I.I. Proizvodstvo dvouglekislogo natrija (bikarbonata) / I.I. Kolmanovskij. – M.: Himija, 1964. – 166 p.
7. Porohnja M.F. Analiz vplivu tehnologichnih parametriv procesu karbonizacii sodobikarbonatnogo rozchynu u virobničtvi ochishhenogo bikarbonatu natriju na stupin' absorbcii SO₂ / M.F. Porohnja // Ekologichni nauki: naukovopraktichnij. – K. : DEA, 2019. – № 1(24). Т. 2, pp.169–173.
8. Maharlooa D.G. Process intensification and environmental consideration of sodium bicarbonate production in an industrial soda ash bubble column reactor by CO₂ recycling. J. of CO₂ Utiliz. 2017. Vol. 20. P. 318–327.
9. Porohnja N.F., Frumin V.M., Burin V.L. Analiz vlijanija osnovnyh tehnologicheskikh parametrov karbonizacii sodovogo rastvora v proizvodstve ochishhennogo bikarbonata natrija na kachestvo konechnogo produkta / N.F. Porohnja, V.M. Frumin, V.L. Burin // Himija i tehnologija proizvodstv osnovnoj himicheskoy

- promyshlennosti. Sbornik nauchnyh trudov. – Kh.: GU NIOHIM, 2019. – T. 79, pp. 32–39.
10. Mihajlova E.N., Luk'janchikov A.A. Issledovanie uslovij dostizhenija naibol'shego vyhoda natrija bikarbonata na stadii karbonizacii proizvodstva sody / N.E.Mihajlova, A.A. Luk'janchikov // Himija i tehnologija proizvodstv osnovnoj himicheskoj promyshlennosti. Sbornik nauchnyh trudov. – Kh.: GU NIOHIM, 2019. – T. 79, – pp. 75–79.
11. Tan L. S., Shariff A. M., Lau K. K., Bustam M. A. Factors affecting CO₂ absorption efficiency in packed column / L.S. Tan, A.M. Shariff, K.K. Lau, M.A. Bustam // J. of Industrial and Eng. Chem. – 2012. – Vol. 18. – Iss.6. – P. 1874–1883.

Надійшла (received) 19.05.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Порохня Микола Федорович (Порохня Николай Федорович, Porokhnia Mykola) – аспірант кафедри хімічної техніки та промислової екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3135-9000>;

E-mail: nikolay.porokhnya@gmail.com

POROKHNIA MYKOLA

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MAIN TECHNOLOGICAL PARAMETERS (SOLUTION TEMPERATURE, GAS LOAD) ON THE EFFICIENCY OF CARBONIZATION PROCESS IN

In the presented article the possibilities of increasing the efficiency of the processes of production of purified sodium bicarbonate are analyzed, for example, it is indicated that the mixing intensity plays a significant role. The disadvantages of the "classical" designs of bicarbonate columns are determined by studying the influence of the main technological parameters of the carbonization process in industrial production conditions. The results of experimental verification of the possibility of intensification of the carbonization process of soda bicarbonate solution by increasing the gas load in industrial conditions are presented. The most optimal physical indicators of the process of carbonization of soda bicarbonate solution at which the best quality of the final product is achieved are determined; the increase in gas load causes an increase in the number of small crystals, which was accompanied by unsatisfactory release of the suspension from the column. It is determined that, first of all, this was due to the increase in the degree of gassing of the liquid phase in the column with increasing gas load; The optimum temperature of soda bicarbonate solution is 82 °C at a gas load of 2900–3000 nm³/h, which was accompanied by the formation of the largest number of large crystals with the smallest number of fine crystals and affects the efficiency of the industrial carbonization process.

Key words: purified sodium bicarbonate, carbonization, bicarbonate columns, gas loading.

Н. Ф. ПОРОХНЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ (ТЕМПЕРАТУРА РАСТВОРА, НАГРУЗКИ ПО ГАЗУ) НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА КАРБОНИЗАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В представленной статье проанализированы возможности повышения эффективности процессов производства очищенного бикарбоната натрия, например, отмечено, что интенсивность перемешивания играет весьма значительную роль. Недостатки «классических» конструкций бикарбонатных колонн определены за счет исследования влияния основных технологических параметров процесса карбонизации в промышленных условиях производств. Представлены результаты экспериментальной проверки возможности интенсификации процесса карбонизации содобикарбонатного раствора путем повышения газовых нагрузок в промышленных условиях. Определены наиболее оптимальные физические показатели проведения процесса карбонизации содобикарбонатного раствора при котором достигается наилучшее качество конечного продукта; рост газовой нагрузки приводит к росту количества мелких кристаллов, что сопровождалось неудовлетворительным выходом суспензии из колонны. Определено, что прежде всего, такие процессы были обусловлены увеличением степени прогазованности жидкой фазы в колонне при повышении газовой нагрузки; оптимальной температурой содобикарбонатного раствора определена температура 82 °C при газовом грузке 2900-3000 нм³/ч, что сопровождалось образованием большего количества крупных кристаллов при наименьшем количестве мелкодисперсных кристаллов и влияет на эффективность промышленного процесса карбонизации.

Ключевые слова: очищенный бикарбонат натрия, карбонизация, бикарбонатные колонны, нагрузки по газу.

С. І. БУХКАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДЕЯКИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЗНОВИДІВ ШОКОЛАДНИХ ГЛАЗУРЕЙ

Шоколадна глазур – великотоннажний компонент різновидів галузей харчової технології, яка також виконує важливі технологічні задачі, а саме: сприяє сповільненню процесів окислення; поліпшенню емульгуючих та диспергуючих властивостей; запобігає черствінню окремих різновидів продукції; перешкоджає попаданню вологи, чим збільшує термін придатності кондитерського виробу та ін. На першому етапі визначаються основні проблеми виробництва кондитерської галузі – вони потребують наукового обґрунтування вибору конкуренто-спроможних складових технології виробництва продукції з урахуванням показників якості-собівартість. Далі для заданих параметрів технології виробництва визначають складові рецептури шоколадних глазурей. Як приклад представлені результати досліджень обраних технологічних параметрів деяких композицій шоколадних глазурей, порівняльний аналіз ефективності їх дії на реологічні властивості композицій на основі какао-масла: альтернативні ПАР – стандартний лецитин – альтернативні ПАР – моногліцериди та їх суміш моно-, ди- і тригліцериди, синтезовані з пальмової олії методом гліцеролізу у присутності лужного каталізатору. Аналіз системи отриманих результатів та розрахункових рівнянь дозволив запропонувати рекомендації щодо інтенсифікації процесів виробництва: введення синтезованих ПАР в кількості 0,3–0,6% ефективно знижує в'язкість композицій на основі какао-масла, що, в свою чергу, дає можливість використовувати їх для часткової заміни лецитину при виробництві кондитерських виробів.

Ключові слова: шоколадні глазурі, реологічні характеристики, поверхнево-активні речовини, кореляційний зв'язок, інтенсифікація технологічних процесів.

Вступ.

Харчове виробництво відіграє важливу роль в житті кожної людини і є найважливішою й життєво необхідною галуззю не тільки в Україні, а і у всьому світі, що забезпечує харчову безпеку, формує структуру експортної торгівлі та сприяє розвитку інших галузей промисловості.[1]

Розвиток харчової промисловості передбачає інтенсифікацію процесів різновидів галузей, розробку нових способів виробництва продукції для посилення конкурентної боротьби і насичення ринку виробами високої якості продукції. Розширення асортименту шоколадних виробів – перспективний напрямок розвитку кондитерської галузі України, оскільки має стабільну позитивну можливість росту за рахунок впровадження інноваційних видів продукції та технологій, нових видів сировини і її раціонального використання. Основні проблеми кондитерської галузі потребують наукового обґрунтування вибору конкуренто-спроможних складових технології виробництва продукції з урахуванням показників якості-собівартість.

Окрім зовнішньої привабливості, смакових властивостей і композиційної завершеності кондитерських виробів, шоколадна глазур – великотоннажний компонент різновидів галузей харчової технології, також виконує важливі технологічні задачі, а саме: сприяє сповільненню процесів окислення; поліпшенню емульгуючих та диспергуючих властивостей; запобігає черствінню окремих різновидів продукції; перешкоджає попаданню вологи, чим збільшує термін придатності кондитерського виробу та ін. [2]

Характеристика об'єктів та мети дослідження.

Об'єкт дослідження – шоколадна глазур, як кондитерський виріб має характеристику: багатокомпонентний харчовий продукт, готовий до

вживання, має певну задану форму, отриманий в результаті технологічної обробки основних видів сировини – цукру і жирів, какао-продуктів, з додаванням або без додавання харчових інгредієнтів, харчових добавок і ароматизаторів [1–3]. У якості кондитерського напівфабрикату – це харчовий продукт, отриманий в результаті обробки одного або декількох видів сировини, з додаванням або без додавання харчових інгредієнтів, харчових добавок і ароматизаторів, застосовуваний для подальшого використання при виробництві кондитерських виробів. Таким чином, це кондитерський виріб, що отримується на основі какао-продуктів і цукру, до складу якого входить не менше 35% загального сухого залишку какао-продуктів, в тому числі не менше 18% масла какао і не менше 14% сухого знежиреного залишку какао-продуктів. У кондитерських výroбах групи «Шоколад» може бути використано до 5% рослинних жирів – еквівалентів масла какао і (або) покращувачів масла какао SOS-типу до загальної ваги шоколадної маси (без великих добавок), не змінюючи мінімальної кількості масла какао.

Мета дослідження – у процесах глазурування необхідно встановити зв'язок між властивостями плинності маси, товщиною шару глазури, швидкістю її кристалізації і застигання, здатністю маси приймати конкретну форму та відповідати вимогам нормативно-технічної документації (НТД). Не варто забувати і про смакові та органолептичні властивості, які можна означити за показниками: швидкість плавлення цукеркової маси у роті; наповненість і насиченість смаку і аромату; наявність або відсутність сторонніх, неприємних присмаків; привабливість виробу з урахуванням особливостей складових глазурі та ін.

© Бухкало С.І., Земелько М.Л., 2021

Аналіз літературних даних та відомості про технологію виробництва.

За загальною характеристикою шоколадні вироби відносять до кондитерських, вони складаються із шоколадної маси, яка є колоїдною системою, а дисперсним середовищем в ній є какао. У свою чергу, шоколадна маса – це напівфабрикат, який одержують змішуванням цукрової пудри з какао-маслом, какао тертим і додатками. Із шоколадної маси без додатків одержують натуральний шоколад. Шоколад може бути як звичайним, так і десертним – у десертному шоколаді велика дисперсність часток. Під дисперсністю розуміють кількість часток з розміром до 20 мкм у загальній кількості твердих часток. Наприклад, шоколадна маса звичайна з добавками і без добавок містить 92 % таких часток, її дисперсність 92 %. Десертна шоколадна маса без добавок має дисперсність не менш 97 %, а з добавками – 96 %.

Какао продукти одержують з какао-бобів на спеціалізованих фабриках або, наприклад, в цехах, що виробляють шоколад (рис. 1).

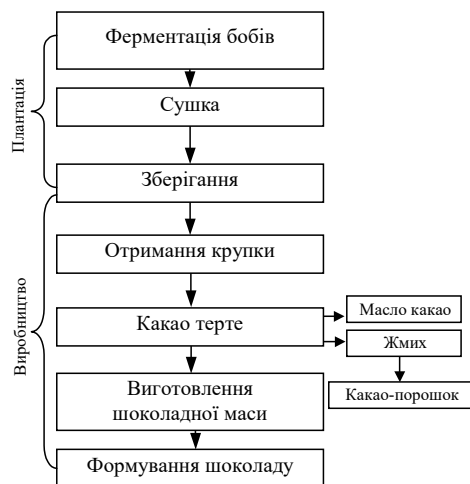


Рис. 1. Загальна функціональна схема виробництва шоколаду.

Промисловість випускає як товарний какао-порошок, що йде на приготування напою, так і виробничий какао-порошок, що використовують як

напівфабрикат при виготовленні цукерок й інших виробів.

Сучасне виробництво какао-продуктів можна представити як інноваційне високомеханізоване й автоматизоване. [4, 5]. Шоколадні маси готують на механізованих потокових лініях, як з об'ємним дозуванням, так і з дозуванням компонентів по масі.

Цукрова пудра, какао терте і частина какао-масла надходять у змішувач, що обігрівается. Компоненти ретельно перемішуються, утворюють однорідну тістоподібну масу з температурою не вище 40 °С і жирністю до 28 %. Ця маса надходить на п'ятивалкові млини, що подрібнюють частки дисперсної фази, від чого загальна поверхня часток стає значно більшою.

На цій поверхні адсорбується вільне какао-масло. Отримана маса легко комкується при стискуванні її пальцями. Маса надходить у коншімашину, де її тривалий час обробляють (коншірують – тривала механічна і теплова дія). У процесі коншірування в шоколадну масу вводять другу частину какао-масла, що потрібна з рецептури.

Після коншірування шоколадна маса перекачується в збірники для темперування. У них вона проохолоджується з температури 55–75 °С до 40–50 °С, при цій температурі зберігається якийсь час при інтенсивному перемішуванні.

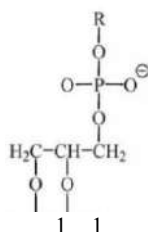
З рідкої шоколадної маси вироби одержують виливкою у різновиди форм. Для гарного заповнення форми бажано мати масу з невеликою в'язкістю. В'язкість шоколадної маси залежить від кількості какао-масла і температури. [6–9]

Опис наукового обґрунтування алгоритму експериментального дослідження.

Таким чином, важливим технологічним показником шоколадної глазурованої продукції можна визначити реологічні властивості, а саме в'язкість глазури, яка залежить від: вологості, дисперсності шоколадної маси, вмісту в ній жиру і фізико-механічної міцності структурних утворень з твердих частинок [2]. Для ефективного зниження в'язкості при мінімально допустимій кількості жиру необхідно вводити речовини, що володіють гідрофільними і ліпофільними властивостями.

Гідрофільна
головка

Гідрофобні
хвости



Холін

Фосфати

Гліцерин

Жирні
кислоти

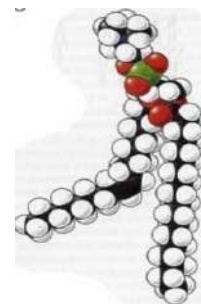


Рис. 2. Особливості будови харчових емульгаторів на прикладі лецитину

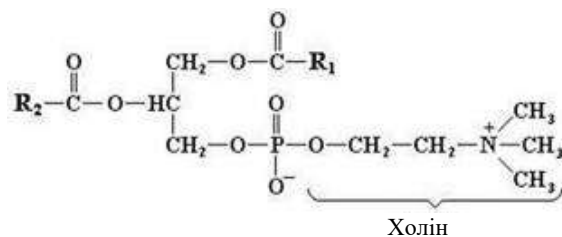


Рис. 3. Приклад будови фосфатидилхоліну

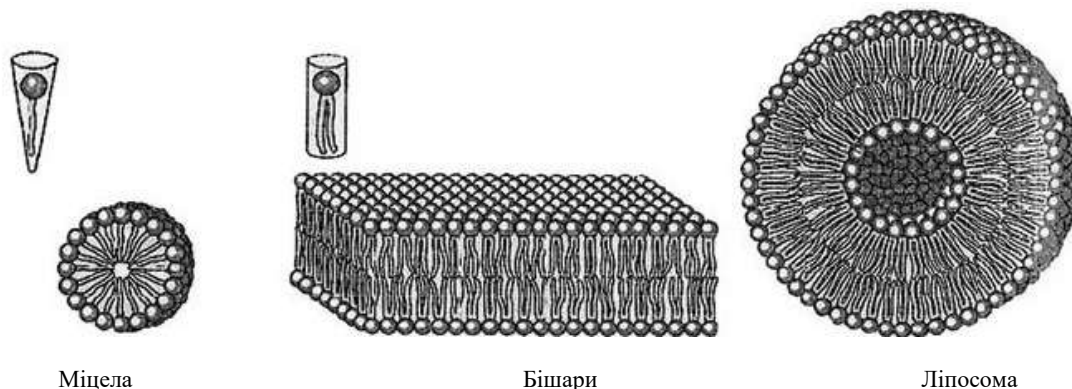


Рис. 4. Різновиди структури складових фосфоліпідів

Наприклад, з метою зниження в'язкості шоколадних мас застосовують рослинні фосфатидні концентрати: прикладом одного з найбільш широко використовуваних харчових емульгаторів є лецитин (рис. 2: гідрофільна головка – холін і фосфати; гідрофобні хвости – різноманітність фосфоліпідів забезпечується видом жирних кислот, які входять до складу їх молекул; 3 – амфіфільна будова молекули фосфоліпідів. [11, 12]

Більшість авторів-дослідників визначають, що завдяки своїй хімічній будові фосфоліпіди – це амфіфільні молекули, до складу полярної «головки» входять гліцерин (або інший багатоатомний спирт), негативно заряджений залишок фосфорної кислоти і приєднана до нього група атомів, часто несе позитивний заряд. Полярні хвости – це залишки жирних кислот, приєднані до багатоатомного спирту складноефірними зв'язками (рис 2 та рис. 3).

У разі лізофосфоліпідів (моноаціальних фосфоліпідів) до залишку гліцерину приєднана тільки одна жирна кислота, в цьому випадку

молекула фосфоліпиду має конусоподібну форму і може утворювати міцели у водному розчині (рис. 2). Якщо утворення ефірного зв'язку йде за двома гідроксильними групами гліцерину, утворюється диацілфосфоліпід, що містить залишки двох молекул жирних кислот.

Аналіз результатів дослідження

Молекула диацілфосфоліпиду має форму циліндра і в водному розчині утворює ламелярні бішари, в яких гідрофобні хвости орієнтовані всередину шару, а гідрофільні головки – назовні (рис. 4). Завдяки цій властивості, фосфоліпіди здатні формувати біологічні мембрани (ліпідні бішари), ліпосоми і ламелярні емульсії. У складі цих емульсій фосфоліпіди формують бішари, навколишні масляні краплі і стабілізують їх. Така структура дозволяє збільшити в складі емульсії кількість масел і інших ліпідів, знизити концентрацію інших емульгаторів, а наявність водної фази дозволяє включати в засоби водорозчинні біологічно активні речовини (БАР).

Таблиця 1 – Загальна класифікація-ідентифікація різновидів глазурей

Вид	Складові рецептури глазурей
1	Не менше 25% загального сухого залишку какао продуктів, в тому числі не менше 12% масла какао
2	Не менше: 15% загального сухого залишку какао, 5% масла какао, 12% сухих речовин молока і (або) продуктів його переробки, 2,5% молочного жиру
3	Не менше: 10% масла какао та 14% сухих речовин молока і (або) продуктів його переробки, в тому числі не менше 2,5% молочного жиру.
4	Цукор, какао-продукти і жир – замітник масла какао лауринового або нелауринового типу
5	Цукор і вода, вміст сухих речовин не менше 78%.

Глазур (табл. 1) має загальну класифікацію-ідентифікацію як кондитерський напівфабрикат: тонко здрібнена маса, що складається з тертого какао

і (або) какао-порошку або без них, масла какао і (або) жирів – еквівалентів масла какао або без них, і (або) різновидів добавок для покращення властивостей

масла какао і (або) жирів – замінників масла какао або без них, цукру і (або) замінників та інших харчових компонентів. Приклади рецептур різновидів глазурей як кондитерських напівфабрикатів з урахуванням кількості сухих речовин представлені у таблиці 1 за видами їх класифікації-ідентифікації 1 – шоколадна; 2 – молочна; 3 – біла шоколадна; 4 – кондитерська; 5 – цукрова.

Какао-масло має властивість поліморфізму. У готових виробках, здатних до зберігання, какао-масло повинно знаходитися тільки в стабільній β -формі. Тому перед формуванням проводять процес темперування шоколадної маси. Темперування – це створення центрів кристалізації какао-масла у всьому об'ємі. Досягається це охолодженням маси до температури початку твердіння, тобто 32°C , з визначеною швидкістю при інтенсивному перемішуванні.

Недотримання цієї умови викликає жирове «посивіння» шоколаду. Жирове «посивіння» – це мимовільний перехід нестабільних твердих форм какао-масла в стабільну кристалічну форму на поверхні виробу. Сірий наліт на поверхні робить враження цвілі, хоча така маса зовсім доброякісна і нешкідлива. Таким чином, метою темперування є усунення жирового «посивіння» шоколаду.

Жирове «посивіння» не виникає, якщо в об'ємі маси рівномірно створені кристали стійкої β -форми какао-масла. Для цього шоколадну масу швидко охолоджують до температури 33°C , а потім повільно знижують температуру до 30°C при інтенсивному перемішуванні. При температурі 30°C масу витримують, не припиняючи перемішування. Темперування шоколадної маси проводять у кристалізаторах безперервної дії, що називають темперуючими машинами (рис. 5 та рис. 6).

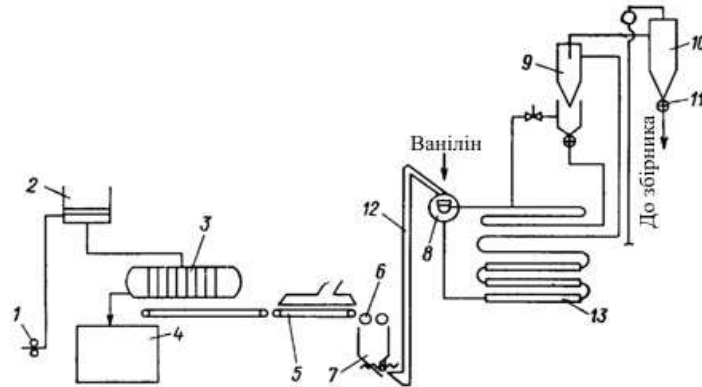


Рис. 5. Технологічна схема виробництва какао-масла і какао-порошку:

1 – насос; 2 – дозатор; 3 – прес; 4 – збірник; 5 – конвеєр; 6 – дробарка; 7 – охолоджуюча камера; 8 – штифтовий млин; 9 – класифікатор; 10 – циклон; 11 – шлюзовий затвор; 12 – норія; 13 – охолоджувач.



Рис. 6. Приклад технологічної схеми виробництва какао-масла і какао-порошку

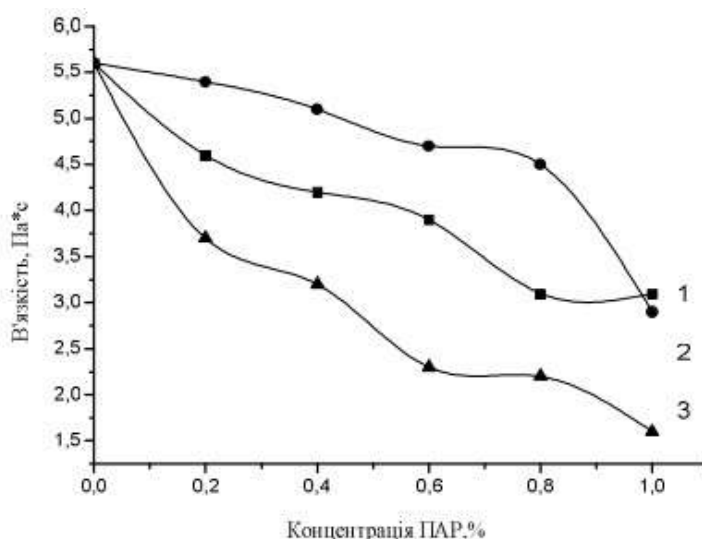


Рис. 7. Залежність в'язкості глазури від концентрації та різновиду ПАР:
1 – лецитин; 2 – моногліцериди; 3 – суміш моно-, ди- і тригліцеридів

Таблиця 2 – Загальна класифікація-ідентифікація математичних моделей для різновидів розроблених глазурей

Вид	Математичні моделі для різновидів глазурей
1	Лінійна модель $y = b(0) + b(1) \cdot x$ $y = 5.32381 - 2.41429 \cdot x$. Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.74386 \leq b(0) \leq 5.90376$; $-3.37204 \leq b(1) \leq -1.45653$ Квадратична модель $y = b(0) + b(1) \cdot x + b(2) \cdot x^2$. $y = 5.56786 - 4.24464 \cdot x + 1.83036 \cdot x^2$. Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.96038 \leq b(0) \leq 6.17533$; $-7.10168 \leq b(1) \leq -1.38760$; $-0.91207 \leq b(2) \leq 4.57278$ Модель вичерпання $y = b(1) \cdot e^{-(b(2) \cdot x)}$ $y = 5.45360 \cdot e^{(-0.60612 \cdot x)}$ Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.62509 \leq b(1) \leq 6.28211$; $0.29410 \leq b(2) \leq 0.91814$
2	Лінійна модель $y = b(0) + b(1) \cdot x$ $y = 5.91190 - 2.40714 \cdot x$. Довірчі інтервали для параметрів моделі: $5.02681 \leq b(0) \leq 6.79700$; $-3.86883 \leq b(1) \leq -0.94546$ Квадратична модель $y = b(0) + b(1) \cdot x + b(2) \cdot x^2$. $y = 5.53393 + 0.42768 \cdot x - 2.83482 \cdot x^2$. Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.62789 \leq b(0) \leq 6.43996$; $-3.83353 \leq b(1) \leq 4.68889$; $-6.92508 \leq b(2) \leq 1.25544$ Модель вичерпання $y = b(1) \cdot e^{-(b(2) \cdot x)}$ $y = 5.92330 \cdot e^{(-0.48486 \cdot x)}$. Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.13140 \leq b(1) \leq 7.71521$; $-0.10774 \leq b(2) \leq 1.07746$
3	Лінійна модель $y = b(0) + b(1) \cdot x$. $y = 4.94048 - 3.66429 \cdot x$. Довірчі інтервали для параметрів моделі: $3.85222 \leq b(0) \leq 6.02873$; $-5.46148 \leq b(1) \leq -1.86709$. Квадратична модель $y = b(0) + b(1) \cdot x + b(2) \cdot x^2$. $y = 5.43750 - 7.39196 \cdot x + 3.72768 \cdot x^2$. Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.46198 \leq b(0) \leq 6.41302$; $-11.97995 \leq b(1) \leq -2.80397$; $-0.67626 \leq b(2) \leq 8.13161$ Модель вичерпання $y = b(1) \cdot e^{-(b(2) \cdot x)}$ $y = 5.36404 \cdot e^{(-1.29051 \cdot x)}$. Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.09704 \leq b(1) \leq 6.63104$; $0.64211 \leq b(2) \leq 1.93891$

Основні показники технологічної якості шоколадної глазури, що регламентовані у нормативній документації, можна умовно розділити на кількісні: в'язкість, стабільність, температура використання та якісні (зовнішній вигляд та органолептичні показники). Саме кількісні показники були визначені для отриманих нами шоколадних глазурей при різних концентраціях поверхнево-активних речовин (ПАР), яка коливалася в межах 1–1,0% (мас.), з подальшим встановленням між ними певної залежності (табл. 2).

У якості рослинного антиоксиданту для представлених композицій можна рекомендувати

використовувати, наприклад, екстракти з рослинної сировини та ін. [10–12]. Стабілізована композиція є стійкою до окиснення та призначена для використання у харчовій промисловості.

Необхідність аналізу процесів виробництва какао-масла і раціонального додавання його в рецептуру шоколаду обґрунтовується наступними міркуваннями. У шоколадній масі для виготовлення з неї виробів кількість какао-масла 34–36 %, а для глазури – небагато більше (для забезпечення більшої її плинності). У какао тертому розрахункова кількість какао-масла 54 %, а якщо врахувати, що в шоколаді міститься ще й цукор у співвідношенні з какао

тертим приблизно 2 : 1, то виявиться, що какао-масла буде не більш як 18 %. Отже, для забезпечення у шоколаді 35–38 % какао-масла, його необхідно вводити у додатково, готуючи шоколадну масу.

Функціональні харчові продукти створюються з використанням біологічно активних добавок до їжі, до яких відносять природні фосфоліпіди рослинного походження, що володіють унікальним поєднанням поліфункціональної фізіологічної активності з широким спектром технологічних властивостей [2–6]. Наприклад, технологія виробництва – рослинного лецитину, яка полягає в прямому екстракційному очищенні рослинних фосфоліпідів, отриманих при переробці насіння соняшнику [6].

У промислових продуктах часто присутні і нефосфатидні з'єднання, такі як стероїди, вітамін Е і вільні жирні кислоти. Властивості лецитинів представляють собою усереднені властивості компонентів суміші [7–9]. Спрощений механізм дії лецитину як БАП в шоколадній масі розглядають в його здатності полегшувати ковзання твердих частинок цукру, сухого молока та інших рецептурних компонентів в какао-маслі відносно один одного. При введенні лецитину його молекули, приєднуючись до гідрофільних ділянок на поверхні твердих частинок, утворюють адсорбційні шари. Залишки гліцеридів, звернені в зовнішню сторону, взаємодіють з дисперсійним середовищем – какао маслом. Зміна природи поверхні частинок призводить до ослаблення сил їх взаємодії, рухливість частинок зростає і в'язкість знижується.

Розріджувана здатність лецитину залежить як від кількісного вмісту фосфоліпідів (чим їх більше, тим розріджувана здатність вище), так і від хімічного складу самого фосфоліпідного комплексу. Чим більше в складі лецитину фракції фосфатидилхоліну, тим його дія на зниження пластичної в'язкості буде вища. Фосфатидилетаноламін ефективно впливає на межу плинності, що можна дослідити за реологічними дослідженнями. Різновиди глазурі також відрізняються якістю, властивостями, смаком, кольором та призначенням. В складі глазурі при формуванні якості важливу роль відіграють жири – заміники масла какао, какао порошки, сухі молочні інгредієнти і поверхнево-активні речовини (рис. 7).

Як відомо [10–12] властивості та якості шоколадних виробів залежить:

- 1) від біологічного виду і місцевості, де вирощували какао-боби;
- 2) від хімічного складу какао-бобів, що корелює зі ступенем їх стиглості;
- 3) технології попередньої обробки сировини – какао-бобів – ферментації і сушіння на плантаціях;
- 4) особливостей та можливостей технології добування какао-тертого і какао масла;
- 5) ієрархії послідовності змішування компонентів рецептури виробів та режимів темперування какао-тертого;
- 6) режимів коншування та вибору відповідного сучасного обладнання;

7) вибору раціональних умов технологічних процесів виробництва на всіх його стадіях.

8) температура плавлення какао-масла: початкова – 31–34 °С, кінцева 33–36 °С, температура застигання 23–28 °С; при температурі нижче 23 °С какао-масло набуває кристалічної структури, стає крихким і розсипчастим; масова частка сухих речовин 99,9 %, кислотне число, мг КОН в 1г жиру 0,9, щільність 0,913 г / см³;

9) основна маса какао-масла складається з тригліцеридів, причому вони різнокислотні, тобто в них гідроксиди гліцерину етерифіковані двома або трьома кислотами, в основному містяться пальмітинова і стеаринова кислоти, кількість кислот залежить від місця зростання;

10) какао-масло дуже стійке до окислення киснем: до складу какао-масла входить хлорогенова кислота – найсильніший природний антиоксидант, тому какао-масло зберігається довгий час без прогоркання;

11) властивість какао-масла: поліморфізм – при незмінному хімічному складі какао-масло утворює кілька модифікацій (5-форм), які мають різні температури застигання і плавлення, всі ці форми можуть переходити одна в одну, крім стабільної β1-форми.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Розглянуто наукове обґрунтування можливого впливу деяких технологічних параметрів на реологічні характеристики різновидів шоколадних глазурей.

Визначено порядок дослідження системи вибору раціональних параметрів технології виробництва різновидів глазурей.

Запропоновано методику реологічних досліджень, порівняння ефективності і впливу альтернативних ПАР і стандартного лецитину на реологічні властивості композицій на основі какао-масла. У якості альтернативних ПАР були обрані моногліцериди і суміш моно-, ди- і тригліцеридів, отримані з пальмового масла методом гліцеролізу в присутності лужного каталізатора.

Список літератури

1. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] / Бухкало С.І., Товажнянський Л.Л., Капустенко П.О. та ін. Підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2011, 832 с.
2. Modified lecithin, preparation thereof, and use as an antioxidant E Decker - US Patent App. 16/008,227, 2018.
3. Руднева Л.Л., Бухкало С.І. Перспективні напрямки використання продуктів переробки олійної сировини у виробництво олієжирових та косметичних продуктів / Програма та матеріали III Міжн. н-т конф. («Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей в контексті євроінтеграцій»). – К.: НУХТ, 2015. – С.151–152.

4. Руднева Л.Л. Розробка та дослідження комплексної переробки відходів насіння / Руднева Л.Л., Бухкало С.І. // Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2015 («Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я»), 20-22 травня 2015 р., Ч. II. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 302.
5. Руднева Л.Л. Складові використання та дослідження відходів переробки насіння соняшника / Л.Л. Руднева, С.І. Бухкало // Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017 («Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я»), Ч. III. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 53.
6. Руднева Л.Л., Бухкало С.І., Лакіза О.В., Черваков О.В. Рослині воски як модифікатори властивостей еластомерних і полімерних матеріалів. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii* (1), 90–100, 2021.
7. Земелько М.Л., Черваков О.В., Манк В.В. Вплив поверхнево-активних речовин на реологічні властивості шоколадних глазурей. *Харчова промисловість*, 2015. № 17. – С. 35–39.
8. Дослідження впливу модифікованих жирів на властивості шоколадних мас / М.Л. Земелько, О.С. Кондратенко, О.В. Черваков, В.В. Манк // Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчової промисловості: міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю НУХТ, 13-17 жовтня 2014 р. – К.: НУХТ, 2014. – С. 316.
9. Реологические свойства композиций на основе какао-масла / М.Л. Кушнир, О.В. Черваков, Е.А. Корецкая, В.В. Манк // *Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей: програма і матеріали другої міжнародної н-т конференції*, 20-21 березня 2013 р. – К.: НУХТ, 2013. – С. 144.
10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] / Бухкало С.І., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., Білоус О.В. та ін. Підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 470 с.
11. Білоус О.В., Демидов І.М., Бухкало С.І. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули // *Eastern-European journal of enterprise technologies* – PC “TECHNOLOGY CENTER” 2015. № 1/6 (73). – С. 22–26.
12. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhkalov, S. Development of a food antioxidant complex of plant origin. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, (2019). 6(11(102)),66-
doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442
13. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Системи світлотехніки на шляху розповсюдження COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 127.
14. Бухкало С.І., Говоров П.П., Кіндінова А.К., Гришина І.М. Екологічна безпека світлотехніки на шляху COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 116.
15. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Медико-біологічні аспекти на шляху розповсюдження COVID-19. Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти матеріали II Міжн. н-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р./ред. колегія А. В. Кіпенський, О. В. Білоус [та ін.]. – Харків: Друкарня Мадрид, 2021. – С. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0
16. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
17. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
18. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
19. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglis S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ *Вісник НТУ «ХПІ»*. – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
20. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. X.: Ч. III, – с. 14.
21. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др.// *Вісник НТУ «ХПІ»*. – X.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 160–166.
22. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – X.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 72–80.
23. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] / Бухкало С.І., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., Капустенко П.О. та ін. Підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2011, 832 с.
24. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести), 2-ге вид. доп. Ч. 2. [текст] Підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
25. Минифай Б.У. Шоколад, конфеты, карамель и другие кондитерские изделия / пер. с англ. под общ. науч. ред. Т.В. Савенковой. – СПб.: Профессия, 2008. – 816 с.
26. Нечаев А.П. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 640 с.
27. Олейникова А.Я. Технология кондитерских изделий / А.Я. Олейникова, Л.М. Аксенова, Г.О. Магомедов. – СПб.: РАПП, 2010. – 672 с.

Bibliography (transliterated)

1. Pilipenko O.E. Rozvitok harchovoi promislivosti 1. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zada-chah [tekst] / Buhkalo S.I., Tovazhnjans'kij L.L., Kapustenko P.O. ta in. Pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoi literaturi»: 2011, 832 p.
2. Modified lecithin, preparation thereof, and use as an antioxidant E Decker - US Pa-tent App. 16/008,227, 2018.
3. Rudneva L.L. Perspektivni naprjamki vikoristannja produktiv pererobki olijnoi sirovini u virobniectvo oliezhirovih ta kosmetichnih produktiv / L.L. Rudneva, S.I.

- Buhkalo // Programa ta materiali III Mizhnarodnoi naukovo-tehnichnoi konferencii («Perspektivi rozvitku m jasnoi, molochnoi ta oliezhirovoi galuzej v konteksti evrointegracij»). – K.: NUHT, 2015, – pp.151–152.
4. Rudneva L.L. Rozrobka ta doslidzhennja kompleksnoi pererobki vidhodiv nasin-nja / Rudneva L.L., Buhkalo S.I. // Materiali XXIII Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2015 («Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja»), 20-22 travnja 2015 r., Ch. II. – Kharkiv: NTU «KhPI». – P. 302.
 5. Rudneva L.L. Skladovi vikoristannja ta doslidzhennja vidhodiv pererobki na-sinnja sonjashnika / L.L. Rudneva, S.I. Buhkalo // Materiali XXV Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2017 («Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja»), Ch. III. – Kharkiv: NTU «KhPI». – P. 53.
 6. Roslini voski jak modifikatori vlastivostej elastomernih i polimernih ma-terialiv. Rudneva L.L., Buhkalo S.I., Lakiza O.V., Chervakov O.V. Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii (1), 90–100, 2021.
 7. Zemel'ko M.L., Chervakov O.V., Mank V.V. Vpliv poverhnevo-aktivnih rechovin na reologichni vlastivosti shokoladnih glazurej. Harchova promislolist', 2015. № 17. – P. 35.
 8. Doslidzhennja vplivu modifikovanih zhiriv na vlastivosti shokoladnih mas / M.L. Zemel'ko, O.S. Kondratenko, O.V. Chervakov, V.V. Mank // Novi idei v harchovij na-uci – novi produkti harchovij promislivosti: mizhnarodna naukova konferencija, pris-vjachena 130-richchju NUHT, 13-17 zhovtnja 2014 r. – K.: NUHT, 2014. – P. 316.
 9. Reologicheskie svoystva kompozicij na osnove kakao-masla / M.L. Kushnir, O.V. Chervakov, E.A. Koreckaja, V.V. Mank // Tehnichni nauki: stan, dosjagnennja i perspek-tivi rozvitku m'jasnoi, oliezhirovoi ta molochnoi galuzej : programa i materiali drugoi mizhnarodnoi n-t konferencii , 20-21 bereznja 2013 r. – K.: NUHT, 2013. – P. 144.
 10. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zada-chah (innovacijni zahodi) [tekst] / Buhkalo S.I., Tovazhnjanskij L.L., Bilous O.V. ta in. Pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2016, 470 p.
 11. Bilous O.V., Demidov I.M., Buhkalo S.I. Rozrobka kompleksnogo antioksidan-tu iz ekstraktiv listja gorihu volos'kogo ta kalenduli // Eastern-European journal of enterprise technologies – PC “TECHNOLOGY CENTER” – 2015. № 1/6 (73). – C. 22–26.
 12. Bilous, O., Sytnik, N., Buhkalo, S. Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019). 6(11(102)),66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442
 13. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K. Sistemi svitlotekhniki na shljahu rozpovsjudzhennja COVID-19. XHIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 127.
 14. Buhkalo S.I., Govorov P.P., Kindinova A.K., Grishina I.M. Ekologichna bezpeka svitlotekhniki na shljahu COVID-19. XHIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». S. 116.
 15. Govorov P.P., Buhkalo S.I., Kindinova A.K. Mediko-biologichni aspekti na shljahu rozpovsjudzhennja COVID-19. Zdorov'ja nacii i vdoskonalennja fizkul'turno-sportivnoi osviti materiali II Mizhn. n-praktichnoi konferencii, 22–23 kvitnja 2021 r./red. kolegija A. V. Kipens'kij, O. V. Bilous [ta in.]. – Kharkiv: Drukarnja Madrid, 2021. – S. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0
 16. Buhkalo S.I. Voznachenja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursivih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Harkiv: NTU «KhPI». S. 217.
 17. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
 18. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17–19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
 19. Buhkalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2019. № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
 20. Buhkalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XHV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017): Ch. III, – p. 14..
 21. Buhkalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak kom-plekse innovacionnyh proektiv. Visnik NTU «KhPI». 2012. № 10, pp. 160–166.
 22. Buhkalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Reguliovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatjah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». 2012. № 10, pp 72–80.
 23. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] / Buhkalo S.I., Tovazhnjanskij L.L., Kapustenko P.O. ta in. Pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2011, 832 p.
 24. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi), 2-ge vid. dop. Ch. 2. [tekst] Pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2018, 108 p.
 25. Minifaj B.U. Shokolad, konfety, karamel' i drugie konditerskie izdelija / per. s angl. pod obshh. nauch. red. T.V. Savenkovej. – SPb.: Professija, 2008. – 816 p.
 26. Nechaev A.P. Pishhevaja himija / A.P. Nechaev, S.E. Traubenberg, A.A. Kochetkova. – SPb.: GIOR, 2003. – 640 p.
 27. Olejnikova A.Ja. Tehnologija konditerskih izdelij / A.Ja. Olejnikova, L.M. Aksenova, G.O. Magomedov. – SPb.: RAPP, 2010. – 672 p.

Надійшла (received) 19.05.2021

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhkalov Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com

Земелько Марія Леонідівна (Земелько Мария Леонидовна, Mariia Zemelko) – викладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна;

e-mail: kushnir2609@gmail.com

S. I. BUKHKALO, MARIA ZEMELKO

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF CERTAIN TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CHOCOLATE GLAZES

Chocolate glaze is a large-tonnage component of various branches of food technology, which also performs important technological tasks, namely: helps to slow down oxidation processes; improving emulsifying and dispersing properties; prevents hardening of certain types of products; prevents the ingress of moisture, which increases the shelf life of the confectionery, etc. At the first stage, the main problems of production of the confectionery industry are determined - they require a scientific justification for the choice of competitive components of production technology, taking into account quality-cost indicators. Next, for the specified parameters of the production technology determine the components of the formulation of chocolate glazes. As an example, the results of studies of selected technological parameters of some compositions of chocolate glazes, a comparative analysis of their effectiveness on the rheological properties of compositions based on cocoa butter: alternative surfactants - standard lecithin - alternative surfactants - monoglycerides and a mixture of mono-, di- and triglycerides from palm oil by glycerolysis in the presence of an alkaline catalyst. Analysis of the system of results and calculation equations allowed to offer recommendations for the intensification of production processes: the introduction of synthesized surfactants in the amount of 0.3-0.6% effectively reduces the viscosity of compositions based on cocoa butter, which, in turn, makes it possible to use them for partial replacement of lecithin in the manufacture of confectionery.

Key words: chocolate glazes, rheological characteristics, surfactants, correlation, intensification of technological processes.

С. И. БУХКАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШОКОЛАДНЫХ ГЛАЗУРЕЙ

Шоколадная глазурь – крупнотоннажный компонент для разновидностей отраслей пищевой технологии, который также выполняет важные технологические задачи, а именно: способствует замедлению процессов окисления; улучшению эмульгирующих и диспергирующих свойств; предотвращает очерствение отдельных видов продукции; препятствует попаданию влаги, чем увеличивает срок годности кондитерского изделия и др. На первом этапе определяются основные проблемы производства кондитерской отрасли – они требуют научного обоснования выбора конкурентоспособных составляющих технологии производства продукции с учетом показателей качество-себестоимость. Далее для заданных параметров технологии производства определяют составляющие рецептуры шоколадных глазури. В качестве примера представлены результаты исследований выбранных технологических параметров некоторых композиций шоколадных глазури сравнительный анализ эффективности их воздействия на реологические свойства композиций на основе какао-масла: стандартный лецитин – альтернативные ПАВ – моноглицериды и их смесь моно-, ди- и триглицериды, синтезированные из пальмового масла методом глицеролиза в присутствии щелочного катализатора. Анализ полученных результатов и расчетных уравнений позволил предложить рекомендации по интенсификации процессов производства: введение синтезированных ПАВ в количестве 0,3–0,6%, что эффективно снижает вязкость композиций на основе какао-масла, и, в свою очередь, дает возможность использовать их для частичной замены лецитина при производстве кондитерских изделий.

Ключевые слова: шоколадные глазури, реологические характеристики, поверхностно-активные вещества, интенсификация технологических процессов.

S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, M. V. MOSKALENKO, A. E. VYPOVSKA**ICT USAGE IMPLEMENTATION IN STARTUP PROJECTS TRANSLATION**

The importance of ICT usage implementation in the startup project is analyzed. It has been proved that translation is of great importance for any startup project for establishing relationships with potential clients around the world. The role of the translator in the startup project is investigated. Translation has been proven to be important for any startup project to build relationships with potential clients around the world. A comprehensive analysis of the translation of startup projects from Ukrainian into English using the latest information and communication technologies in this process. Peculiarities of using modern ICT in translating the description of startup projects from Ukrainian into English are revealed. Exploring the use of information and computer technology in the translation process. It is determined that it is important for a translator of a startup project to understand all the features of using the software, choose the appropriate programs or online tools and develop a strategy for the translation process in the project. The results of this work are very important and necessary for further study of the features of the use of ICT in the translation of startup projects.

Key words: ICT, Information and Communications Technology, translation, startup projects

Introduction. The importance of developing the state in an innovative direction has been discussed in Ukraine at all levels. And there is not only a discussion – the necessary laws are adopted, programs are approved, technology transfer centers and business incubators are developed, trainings, forums and competitions of innovative ideas are constantly held.

The point is, a startup is not a new business, as some people think. A startup is a creative work with a new idea, it is a search for a business model for an innovative idea that did not exist before, and which will be able to bring real income in the future. A startup environment is a creative environment in which inventors learn, communicate and work on their projects.

A good team is also very important for a startup. And the question here is not only and not so much in financial resources, as in planning a strategy, in correct management for entering various markets.

The startup path is different from the standard business path. It aims at localization professionals, marketers, managers and educators. According to Bert Esserlink, author of one of the first localization manuals, the project translation includes such types of work as project management; translation of web content; translation and computer typesetting of documentation; translation and arrangement of multimedia elements; checking the functionality of localized software or web applications [1–8]. Examining the work of online business strategy, it can be concluded that the translator is actively involved in the following stages of project preparation: translation of business strategies, documentation and certificates, website localization, its testing, technical support and project promotion on the market [9–18].

Identification of previously unsettled parts of the general problem.

Expansion of international cooperation makes the problem of business proposals and contracts, prompt translation of correspondence, etc. especially applicable. The creation and development of automatic machine translation systems, which could become an essential tool in the work of specialists of various profiles can be one of the best solutions to this problem [19–27].

The possibility of automating such seemingly routine mental work as translation has been attracting attention for a long time. Machine translation has undergone significant changes over the past few years. A large amount of research is conducted in the field of statistical machine translation and machine translation based on examples [28–36].

The professional translators' requirements for the machine translation quality are much higher than those of non-professionals. These figures indicate that some translators are really interested in using automatic translation tools to increase labor productivity and reduce time costs. At the present time, new programs are constantly appearing, the already known ones are being updated or radically revised. The main components of modern information technology in the translation business should primarily include: information and reference; accumulation, archiving, search and restoration tools of fragmented translations; formatting and conversion means of text data; translation texts localization means; tools for translation quality control.

The main purposes of this paper are:

- To make the analysis of implementation ICT usage translation in Startup projects;
- To define the role of a translator for a Start up project;
- To identify main aspects of ICT startup projects translation;
- To determine the ICT usage implementation in startup project translation process.

The main part.

Translation competence includes linguistic, communicative, text-forming, technical competence, as well as the personal characteristics of the translator. A translator in a startup project team needs not only to be well oriented and understand the thematic vocabulary, but he is also required to apply other important work skills in practice [9–18, 32–35].

During the translation work with the startup projects catalog, it was taken a decision to develop a translation strategy. It consisted of specific steps in the work:

© Bukhkalov S.I. Ageicheva A.O.,
Moskalenko M.V., Vypovska A.E., 2021

1) carefully read the texts of the startup projects one by one [1–9];

2) highlight the main directions for our translation: Energetics, IT, Materials and Technologies [1–18];

3) acquaintance with projects, their main innovative ideas [18–35];

4) highlight special vocabulary, terminology, complex grammatical structures [32–35];

5) analysis of existing ICT for translation;

6) choosing the most suitable tool for the best result;

7) translation of the startup projects catalog using ICT (online dictionaries, online translators, other necessary software) [8, 16, 19, 24–29, 36];

8) creation of presentations of some projects for the final defense of the project.

When translating the catalog of final Challenge start-up projects, it was reviewed 98 projects from 7 directions: ecology, IT, energetics, agriculture, medicine, materials and technologies, another direction.

A startup is always about new and innovative things. It is about the desire to solve a certain problem of society or to simplify some aspect of life. The text of the project, presentation and all types of documentation will always contain industry terminology. In some cases, the terms will be created by the startup team members themselves.

It is very important to consider the lexical features of the translation of Ukrainian projects into English. The creation of the English version of the project catalog enables foreign investors to get acquainted with promising and innovative ideas. Translation causes great difficulties - these are concepts related to life, everyday life and are absent in the language systems of other peoples, for example: вишиванка, коломийка, вечорниці. As a rule, translators face two main difficulties in conveying that: the absence of an equivalent in the language of translation due to the lack of native speakers of this language is indicated by the reality of the referent and the need, along with the substantive meaning (semantics) of reality, to convey its color and connotation.

Often, they are conveyed through transcription, transliteration and tracing, or through description. In our

investigation it was decided not to use transliteration, but to pass the value through description, generalization or concretization. This method is used to convey everyday realities, the meaning of which is not clear to the reader and requires explanation. The most important thing in this work is that the text is clear and readable for everyone: judges, investors, partners and members of other teams of the final competition.

Some examples of our realities translation from projects of different directions:

- “Обсяг ринку термомодернізації в Україні: ОБББ...” – “The volume of the thermal modernization market in Ukraine: Apartment Buildings Citizens Association...”

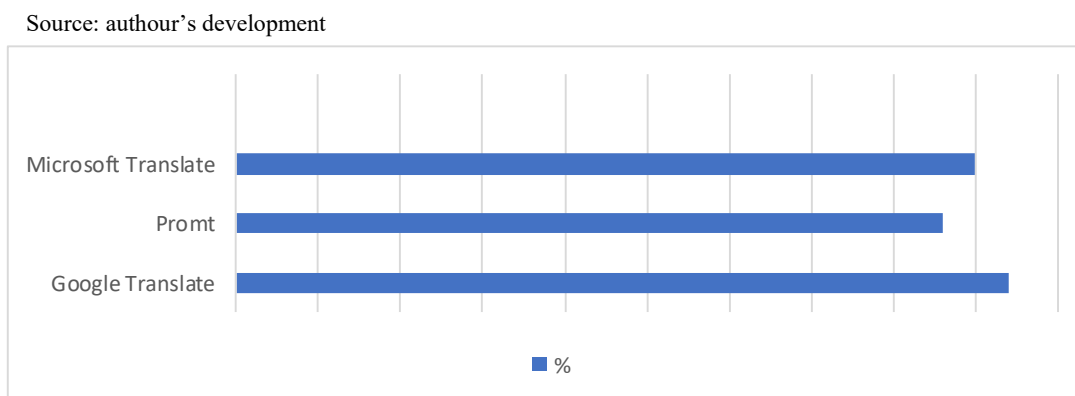
- “На цій онлайн-платформі можна буде розмішувати інформацію відносно заходів, які відбуваються в області.” – “This online platform will be able to post information about events taking place in the region.”

It was noticed that abbreviations are often found in project texts. The translator needs to know how to interpret each abbreviation, that is, what realia is hidden behind it. In addition, the translator must have a good idea of whether there is a ready-made correspondence to both the abbreviation itself and the realia behind it in the language into which the translation is carried out [3].

So, transliteration, as well as transcription, is most often used in cases when it comes to proper names, names of state institutions, positions specific to a given country, that is, about the sphere of social and political life, about the names of objects and concepts of material life, about the forms of addressing the interlocutor, abbreviations, etc. The word of the source language is transferred into the text of the translating language as it is, preserving partly or completely the form as a borrowed, transcribed or transliterated word. The disadvantage of transcription/transliteration as a translation technique is that the mechanical transmission of a non-equivalent word is not able to fully reveal the content of a new concept, which may either remain completely incomprehensible to many recipients of the text, or will be only approximately clear from the context [4–7].

Table 1

The sentence from the original text (in Ukrainian)	Пропонується новий ресурсозберігаючий підхід для створення та підтримки мікроклімату в теплицях за допомогою комплексу саморегульованих пристроїв, здатних забезпечувати обігрів, полив та провітрювання без використання енергоносіїв.
Google Translator	A new resource-saving approach is proposed to create and maintain a microclimate in greenhouses with a set of self-regulating devices capable of providing heating, watering and ventilation without the use of energy.
Prompt	A new resource-saving approach is proposed to create and maintain a microclimate in greenhouses using a set of self-regulating devices capable of providing heating, watering and ventilation without using energy sources.
Microsoft Translate	A new resource-saving approach is proposed to create and maintain the microclimate in greenhouses using a complex of self-regulated devices capable of providing heating, watering and airing without the use of energy carriers.
Our final translation version	A new resource-saving approach for microclimate development and maintaining in greenhouse is presented. The implemented tools are self-regulating devices set, that is able to provide heating, watering and ventilation without the energy carriers.



Source: authour's development

Figure 1.

In addition to analyzing the terminology translation in start-up projects, the main task was a practical investigation how modern technologies in translation are able to adequately help a translator when translating start-up projects. To do this, it was assessed the quality and compared the translation results of the three most popular online translators: Google translator, PROMT translator and Microsoft Translator.

The interfaces of these translators are simple and similar: have two fields in front, into one of which text is inserted, and the other displays the result of the translation, which can be edited directly in it. The target languages are selected in the drop-down lists [9].

The above-mentioned services during startup projects catalog translation was used. It has identified 14 projects in Energetics. We present several examples and an analysis of the use of ICT in our work. In order to assess the adequacy and equivalence, was used Makoto Nagao's method, by which computer translation is assigned a score from 1 point (the meaning of the sentence is clear and no questions arise, grammar, word usage and style correspond to the general structure of the text and do not require re-editing) to 5 points (the sentence has a large number of grammatical and stylistic errors, the meaning of the sentence can be understood only after careful reading and analysis) [10, 11].

Example 1 is presented on the Table 1. There were indicated the features of the this sentence translation. With regard to the analysis of the use of ICT in translation, it is necessary to highlight a couple of points. All translation services indicated the translation of the word “створення” as “create”. The most appropriate translation in this context is “development”. Despite the terms and complex structure of the content, all 3 services showed a satisfactory result. The sentence was not divided into 2 parts, as we decided to do. In our opinion, Prompt-translator performed the best in this case.

The main features that need to be considered when translating is outlined. One of them was the translation of abbreviations. Below, in the comparison table, online translators work with the abbreviations translation is illustrated. It is important to note that we did not insert abbreviations separately into the online-translators. We

inserted the entire sentence where the context and meaning were clear. It may be clearly seen that Google has done 100% success (Table 2). The results of other translators must either be corrected or completely changed:

Table 2

Original	Equivalent	Google Translator	Prompt	Microsoft Translate
HHIQ	NSC	NSC	NNTS	Nsc
АПК	agro-industrial complex	agro-industrial complex	agrarian and industrial complex	Agro-industrial complex
АФІ	API	API	AFI	AFI

Source: authour's development

After analyzing and comparing 3 popular online-translators with 30 start-up projects descriptions, we are able to determine which service produces the most adequate translation. We use a scale by Makoto Nagao. Scientist developed it for machine translation evaluation based on linguistic and stylistic analysis [13]. The scale includes the points from five to one point:

1 point – the sentence is clear and no questions regarding the meaning arise, grammar, vocabulary and style correspond to the general text structure and do not require post-editing;

2 points – clear sentence meaning, but grammar structure requires editing;

3 points – clear general meaning, but grammatical structure and vocabulary are incorrect in some parts;

4 points – there are stylistic and vocabulary usage mistakes, the context is not always clear;

5 points – there are lots of grammar, vocabulary and stylistic errors, the sentence may not be understood even after being read several times.

We got the following results:

- Google Translate – 2 points;

- Prompt – 4 points

- Microsoft Translate – 3 points.

If we take into account only the lexical structure in the text, then below we submit the adequate translation percentage of terms, abbreviations, semantic

constructions, and other special lexemes by online translators (Figure 1):

- Google translate provides an adequate translation in 97%;
- Prompt – 93%;
- Microsoft translate – 95%.

It is important to note that all three online services clearly convey the grammatical structure of the sentence. This makes post-editing easier for the human translator. As a result, we have chosen Google Translate as the main ICT during translating the Sikorsky Challenge startup projects catalog.

Nevertheless, the post-editing was a time-consuming process for us. However, it resulted in English text that is readable and sounds natural as if it was already written in the target language. The post-editing process included:

- terminology consistency check;
- syntactic changes following with the target language rules;
- work with the text stylistics;
- translation and adaptation of cultural phenomena (phraseological units, idioms, abbreviations, etc.);
- full compliance with the original text achieve;
- formatting execution by the original text;
- all grammatical, punctuation and spelling errors correction.

We can draw our own conclusions about the use of ICT in the translation of startup projects. We highlight the following disadvantages of computer translation that require human correction:

- lack of meaning in individual sentences;
- wrong translation choice of some ambiguous words;
- incorrect word order;
- disagreement between the sentence parts.

At the same time, we note the advantages of machine translation:

- it is time-saving;
- correct translation of individual parts of the text;
- general text meaning conveying.

Thus, the analysis performed allows us to conclude that the greatest problems in machine translation are associated with semantics, since the semantic constructions translation requires databases that are not currently developed in all online translation tools. In addition, translations of complex grammatical, syntactic and lexical structures cause considerable difficulties as well [14–17].

The process of startup projects translation is complicated. Economy and culture interaction requires interlingual and intercultural services. To perform this function, it is important to have certain knowledge and skills, as well as the necessary translation competence.

Linguistic competence is a set of linguistic means used by members of a linguistic community. Linguistic competence involves connections knowledge that exist between the forms and meanings of different signs.

Communicative competence is the translator's ability to interfere, to form correct conclusions from

speech statements about their full content or “meaning” based on background knowledge.

Text-forming competence involves: the ability to create texts of various types in accordance with the communicative task and the communication situation; ensure the proper structure of the text; use the text language units according to the rules for constructing speech units in the language; assess the place and ratio of individual parts of the text and perceive the text as a coherent speech whole.

Technical competence includes specific knowledge, skills and abilities required to perform a given type of activity.

Personal characteristics necessary for a translator: mental organization, ability to concentrate, ability to quickly switch attention, high erudition, concentration, efficiency, modesty, tact and moral ethics.

Translation competence is a complex and multidimensional category that includes all those qualification characteristics that allow a translator to carry out an act of interlingual communication:

- the ability to “translate” the interpretation of the source text;
- translation technology skills;
- target language norms knowledge;
- translation norms knowledge that determine the translation strategy choice;
- knowledge of the norms of a given style and genre of text.
- the ability to use MT and TM systems, reference sites, electronic dictionaries, knowledge of new communication tools (instant messaging programs);
- readiness to adapt to new conditions, constant improvement of skills and abilities.

A translator in a startup project team needs not only to be well oriented and understand the thematic vocabulary. In our opinion, the translator is also required to apply other important work skills in practice:

- knowledge of international standards for the design and translation of documentation for start-up projects to achieve the best result in localization;
- the right tone choice of information transfer in order to successfully convey the energy of the startup project team and their idea.

The professional image of the project in the international arena depends on the work of the translator.

If a translator fails, the following consequences may arise for a startup project:

- misunderstandings on the foreign partners and investors part, which may hinder the transaction in the future;
- the wrong impression about the team representatives, which affects the repulsive image;
- poor translation quality (the translated phrases in the text do not sound familiar to the target language) may indicate that the project is not ready for launch.

The translation industry around the world has grown several times over the past decade. The nature of the translator's work and the requirements for him have

changed. First of all, the changes concerned the written translation of scientific and technical documentation.

During startup projects translation, in our opinion, the main difficulties include:

- translation of complex terminological groups;
- logical connections explication hidden behind the ornate syntactic sentence structure;
- verbosity or tautology elimination present in the original text;
- mental editing of grammatical errors during the oral translation that can make it difficult to understand the original text.

Does a startup need a translator? An average knowledge of English may be enough to communicate with international partners, but this will not be enough, for example, to bring the project to world markets.

Every month there are a lot of startups competitions in the world, which will help the project not only to get a cash prize, but also to find mentors, to get into a business incubator. However, most standing competitions require to fill out an application in English. In this case, the startup team must not only provide general information about the project, but also tell about the financial part, business models, market prospects and the team.

Filling out an application in English is only a small part of the iceberg, but you need to approach it responsibly. It is important not just to tell about the project, the main goal is to interest the right people, and this is often a difficult task even in the native language. Even if the startup team members are confident in their English knowledge, it will be useful to entrust professionals with at least editing.

In case the team has prepared its pitch and there is no doubt that in Ukrainian they can convince anyone to invest the right amount in the project. However, does it sound convincing in English as well? It is not enough to have an idea that will shoot. It is important to be able to convey it in a form that may be of interest to potential investors and mentors. Only a native speaker, who, in addition to his native English, is fluent in Ukrainian, will be able to make the pitch emotional and interesting.

The success of a startup is ensured if it solves global problems and can be scaled not within the country, but around the world. In order to find out about the project, the team needs to translate presentations, promotional materials and the site into English.

It is also important to entrust localization to professionals, because poor translation is not only a waste of money and damage to the project image, but also a waste of time, which among startups has a great value.

Teams of startups that develop innovative products sooner or later face the need to patent the technology for protection. The purpose of patenting is to secure exclusive rights to manufacture and sell products containing inventions in a certain geographical area.

Different patent offices have different requirements for the language in which an application should be filed. Today, a very popular system of patenting inventions, provided by the Patent Cooperation Treaty (PCT), in

which the application can be filed in one of the established 8 languages, including English. However, some of the procedures in the application process will require the submission of documentation in Russian or French.

The European Patent Office shall apply only in English, French or German. When translating such documentation, accuracy in the description of the invention is important, as any distortion of information here can have serious consequences.

A full-fledged translation can only be performed by a qualified specialist in the field of science or technology with translation competence, with which the source text is thematically related. This means that, orienting himself in his narrow professional sphere and owning the terminology, such a specialist need to:

- have knowledge of grammar and vocabulary of two languages;
- know sufficiently the culture of both peoples;
- take into account the extralinguistic aspects of the translated text;
- solve complex problems of transferring not only information, but also imagery, understatement, many different linguistic signs shades of the original, which makes it possible to consider translation competence as a complex concept.

A competent translator, unlike a machine-translator, is guided by a large number of criteria when choosing a foreign language equivalent. These include not only the meaning of each word and the meaning of the grammatical constructions used, but also the concept of the value, novelty of the information offered, the possibility of compressing information, using standard formulas, clichés. A professional translator can, depending on the audience of listeners or readers to whom the translation is intended, make corrections, clarifications, substitutions in the translation text, and also maintains a style of presentation defined for a particular genre, builds equivalents of terms that are not in dictionaries[19].

After the first acquaintance with the startup projects catalog, it was decided to develop a translation strategy. It consisted of specific steps in our work:

Step 1. We carefully read the texts of the startup projects one by one. Highlighted the main directions for our translation: Energetics, IT, Materials and Technologies.

Step 2. Detailed acquaintance with projects, their main innovative ideas.

Step 3. Highlighting special vocabulary, terminology, complex grammatical structures. Translation of several projects without the ICT use.

Step 4. Analysis of existing ICT for translation. Choosing the most suitable tool for the best result.

Step 5. Translation of the startup projects catalog using ICT (online dictionaries, online translators, other necessary software). Creation of presentations of some projects for the final defense of the project [20].

Conclusions and ideas for further investigation. Expansion of international cooperation makes the

problem of business proposals and contracts, prompt translation of correspondence, etc. especially applicable. The creation and development of automatic machine translation systems, which could become an essential tool in the work of specialists of various profiles can be one of the best solutions to this problem.

During the translation work with the startup projects catalog, we developed a translation strategy with ICT usage.

Translation competence includes linguistic, communicative, text-forming, technical competence, as well as the personal characteristics of the translator. A translator in a startup project team needs not only to be well oriented and understand the thematic vocabulary, but he is also required to apply other important work skills in practice.

We can draw our own conclusions about the ICT usage in the translation of startup projects. It is highlighted the following disadvantages of computer translation that require human correction:

- lack of meaning in individual sentences;
- wrong translation choice of some ambiguous words;
- incorrect word order;
- disagreement between the sentence parts.

At the same time, we note the advantages of machine translation:

- it is time-saving;
- correct translation of individual parts of the text;
- general text meaning conveying.

The main components of modern information technology in the translation business should primarily include: information and reference; accumulation, archiving, search and restoration tools of fragmented

translations; formatting and conversion means of text data; translation texts localization means; tools for translation quality control.

The online-translators analysis showed that at the moment the Google system provides the most adequate and equivalent version of the translation, but nevertheless there are still problems with the translation of rare words and terms among them, as well as the mismatch between the number of words of the original and translation affects the meaning. Thus, it can be concluded that computer translation systems make a significant number of errors.

On this basis, we conclude that computer translation systems are developing very rapidly and their further development is associated with the continuation of careful consideration of the context and topics. That is why today the study of texts translation performed using computer translation systems is one of the most promising areas of linguistic research. It allows to develop algorithms for translator work at the stage of post-editing scientific and technical text, received after MT.

Further development of automatic translation is associated with the possibility of a holistic assessment of texts made with the help of computer translation systems. It is an adequate and complete assessment that will help to identify and systematize all the shortcomings of the program so that in the future these problems are resolved.

All the set tasks were solved. Further research can be aimed at specific features of startup projects, or the specific ICTs usage in the start-up projects translation, or the translation study of a specific startup project in a specific direction.

Список літератури

1. Бухкало С.І. Деякі концепції сталого розвитку України Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 172.
2. Бухкало С.І. Основні властивості плівкового полімерного покриття геліоколекторів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 173.
3. Говорова П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Загальні закономірності системи бактерицидних установок знезараження води. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 181.
4. Мальцева А.О., Бухкало С.І., Іглін С.П., та ін. Загальні умови процесів кристалізації цукру. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 233.
5. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 249.
6. Агейчева А.О., Агейчева О.О. Можливі причини зниження фільтраційних характеристик привибійної зони пласта. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 150.
7. Kapustenko P., Klemes J.J., Arsenyeva O., Fedorenko O., Kusakov S., Bukhkalov S. The Utilisation of Waste Heat from Exhaust Gases after Drying Process in Plate Heat Exchanger. Chemical Engineering Transactions, 81, 589-594. DOI:10.3303/CET2081099
8. Бухкало С.І., Агейчева А.О., Агейчева О.О., Бабаш Л.В., Пшичка Н.Г. Методичні аспекти реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – № 5(1359). – С. 3–10. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01

9. DePalma D. Business without Borders. A Strategic Guide to Global Marketing / A. Donald DePalma. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2002. 267 p.
10. Esselink B. A Practical Guide to Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2000. 488 p.
11. Esselink B. A Practical Guide to Software Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 1998. 309 p.
12. Hutchins J. y H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
13. Lagoudaki E. The Value of Machine Translation for the Pro-fessional Translator. AMTA-2008. MT at work: Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki, Hawaii, 21–25 October, p. 262–269.
14. Martin Kay. The Proper Place of Men and Machines in Language Translation. Machine Translation 12: 3–23, 1997.
15. Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki.
16. S. Bukhhalo. The system and models of complex treatment of industrial effluents. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 170.
17. Yunker J. Beyond Borders. Web Globalization Strategies / John Yunker. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.
18. Zetzsche J. Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
19. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І., Ольховська В.О. та ін. Приклад постановки задачі експерименту Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 171.
20. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Енергоефективна система знезараження води на основі світлодіодних джерел світла. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – № 5(1359). – С. 19–25.
21. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Технології світлотехніки на шляху розповсюдження COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 125.
22. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Системи світлотехніки на шляху розповсюдження COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 127.
23. Бухкало С.І., Говоров П.П., Кіндінова А.К., Гришина І.М. Екологічна безпека світлотехніки на шляху COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 116.
24. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Медико-біологічні аспекти на шляху розповсюдження COVID-19. Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти матеріали II Міжн. н-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р./ред. колегія А.В. Кіпенський, О.В. Білоус [та ін.]. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. – С. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0
25. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
26. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
27. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. Х.: Ч. II, с. 201.
28. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
29. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
30. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 160–166.
31. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 72–80.
32. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
33. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
34. Bukhhalo, S. I., Klemeš, J. J., Tovazhnyanskyy, L. L., Arsenyeva, O. P., Kapustenko, P. O., & Perevertaylenko, O. Y. (2018). Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 70, 2047–2052. doi:10.3303/CET1870342.
35. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
36. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю) [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.

References (transliterated)

1. Bukhhalo S.I. Dejaki koncepcii stalogo rozvitku Ukraïni Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita,

- zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 172.
2. Bukhhalo S.I. Osnovni vlastivosti plivkovogo polimernogo pokrittja geliokolektoriv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 173.
 3. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Zagal'ni zakonomirnosti sistemi baktericidnih ustanovok znezarazhennja vodi. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020 : Ch. II./za red. prof. Sokola Ė.I. Kharkiv: NTU «KhPI», p. 181.
 4. Mal'ceva A.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., ta in. Zagal'ni umovi procesiv kristalizacii cukru. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II./za red. prof. Sokola Ė.I. Kharkiv: NTU «KhPI», p. 233.
 5. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonomirnostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020 : Ch. II./za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
 6. Agejcheva A.O., Agejcheva O.O. Mozhliivi prichini znizhennja fil'tracijnih karakteristik privibijnoï zoni plasta. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II./za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 150.
 7. Kapustenko P., Klemeš J.J., Arsenyeva O., Fedorenko O., Kusakov S., Bukhhalo S. The Utilisation of Waste Heat from Exhaust Gases after Drying Process in Plate Heat Exchanger. Chemical Engineering Transactions, 81, 589–594. DOI:10.3303/CET2081099
 8. Bukhhalo S.I., Agejcheva A.O., Agejcheva O.O., Babash L.V., Pshichkina N.G. Metodichni aspekti reformuvannja distancijnogo navchannja v sistemi vishhoï osviti. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 5(1359). – pp. 3–10. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01
 9. DePalma D. Business without Borders. A Strategic Guide to Global Marketing / A. Donald DePalma. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2002. 267 p.
 10. Esselink B. A Practical Guide to Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2000. 488 p.
 11. Esselink B. A Practical Guide to Software Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 1998. 309 p.
 12. Hutchins J. y H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
 13. Lagoudaki E. The Value of Machine Translation for the Professional Translator. AMTA-2008. MT at work: Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki, Hawaii, 21–25 October, p. 262–269.
 14. Martin Kay. The Proper Place of Men and Machines in Language Translation. Machine Translation 12: 3–23, 1997.
 15. Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki.
 16. S. Bukhhalo. The system and models of complex treatment of industrial effluents. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 170.
 17. Yunker J. Beyond Borders. Web Globalization Strategies / John Yunker. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.
 18. Zetzsche J. Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
 19. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I., Ol'hov's'ka V.O. ta in. Priklad postanovki zadachi eksperimentu Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020.: u 5 ch. Ch. II./za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 171.
 20. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Energoefektivna sistema znezarazhennja vodi na osnovi svitlodiodnih dzherel svitla. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 5(1359). – pp. 19–25.
 21. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K. Tehnologii svitlotehniki na shljahu rozpovsudzhennja COVID-19. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 125.
 22. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K. Sistemi svitlotehniki na shljahu rozpovsudzhennja COVID-19. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 127.
 23. Bukhhalo S.I., Govorov P.P., Kindinova A.K., Grishina I.M. Ekologichna bezpeka svitlotehniki na shljahu COVID-19. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 : u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 116.
 24. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K. Mediko-biologichni aspekti na shljahu rozpovsudzhennja COVID-19. Zdorov'ja nacii i vdoskonalennja fizkul'turno-sportivnoï osviti materialii II Mizhn. n-praktichnoï konferencii, 22–23 kvitnja 2021 r./red. kolegija A. V. Kipens'kij, O. V. Bilous [ta in.]. – Kharkiv: Drukarnja Madrid, 2021. – pp. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0
 25. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noï tehnologii kompleksnih kursivih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 : u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ė.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 217.
 26. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidručnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
 27. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noï vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17–19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
 28. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects/2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2019. № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
 29. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017): Ch. III, – p. 14..
 30. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernih othodov kak kom-plekse innovacionnyh proektiv. Visnik NTU «KhPI». 2012. № 10, pp. 160–166.

31. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatiyah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». 2012. № 10, pp 72–80.
32. Zipunnikov Mykola; Bukhhalo Svetlana; Kotenko Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2>, pp. 138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
33. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. doi:<http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442>. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
34. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., & Perevertaylenko O.Y. (2018). Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 70, 2047–2052. doi:10.3303/CET1870342.
35. Bilous O., Demidov I., Bukhhalo S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
36. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalyu) [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoї literaturi»: 2019, 108 p.

Надійшла (received) 19.05.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухало Світлана Іванівна (Bukhhalo Svetlana Ivanovna, Bukhhalo Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com

Агейчева Анна Олександрівна (Ageicheva Anna Aleksandrovna, Ageicheva Anna Oleksandrivna) – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри загального мовознавства та іноземних мов, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2184-8820>; e-mail: ageicheva@ukr.net

Виповська Анастасія Євгенівна (Vyповская Анастасия Евгеньевна, Vypovska Anastasiia Yevheniivna) – магістрантка кафедри германської філології та перекладу, Національний університет «Полтавська політехніка імені Ю. Кондратюка», ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8541-0767>; e-mail: nvypovska@gmail.com

Москаленко Марина Володимирівна (Moskalenko Maryna Vladimirovna, Moskalenko Maryna Volodymirivna) – викладач кафедри загального мовознавства та іноземних мов, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6135-5652> e-mail: triksi1309@gmail.com

С. І. БУХАЛО, А. О. АГЕЙЧЕВА, А. Є. ВИПОВСЬКА, М. В. МОСКАЛЕНКО

ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ІКТ В ПЕРЕКЛАДІ СТАРТАП-ПРОЄКТІВ

Проаналізовано важливість впровадження ІКТ у стартовому проєкті. Доведено, що переклад має велике значення для будь-якого стартап-проєкту для налагодження стосунків з потенційними клієнтами по всьому світу. Досліджена роль перекладача в стартап-проєкті. Доведено, що переклад є важливим для будь-якого стартап проєкту для налагодження відносин з потенційними клієнтами по всьому світу. Виконано комплексний аналіз перекладу стартап проєктів з української мови на англійську із застосуванням новітніх інформаційно-комунікаційних технологій у цьому процесі. Виявлено особливості використання сучасних ІКТ при перекладі опису стартап проєктів з української мови на англійську. Дослідженню використання інформаційних та комп'ютерних технологій у процесі перекладу. Визначено, що перекладачу стартап проєкту важливо розуміти всі особливості використання програмного забезпечення, вибрати належні програми чи онлайн-інструменти та розробити стратегію перекладацького процесу у проєкті. Результати даної роботи є дуже важливими та необхідними для подальшого дослідження особливостей використання ІКТ у перекладі стартап-проєктів.

Ключові слова: ІКТ, Інформаційно-комунікаційні технології, переклад, стартап-проєктів

С. И. БУХАЛО, А. А. АГЕЙЧЕВА, А. Е. ВИПОВСКАЯ, М. В. МОСКАЛЕНКО

ВНЕДРЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИКТ В ПЕРЕВОДЕ СТАРТАП-ПРОЕКТОВ

Проанализированы важность внедрения ИКТ в стартовом проекте. Доказано, что перевод имеет большое значение для любого стартап-проекта для налаживания отношений с потенциальными клиентами по всему миру. Исследована роль переводчика в стартап-проекте. Доказано, что перевод является важным для любого стартап проекта для налаживания отношений с потенциальными клиентами по всему миру. Выполнен комплексный анализ перевода стартап проектов с украинского языка на английский с применением новейших информационно-коммуникационных технологий в этом процессе. Выявлены особенности использования современных ИКТ при переводе описания стартап проектов с украинского языка на английский. Исследованию использования информационных и компьютерных технологий в процессе перевода. Определено, что переводчику стартап проекта важно понимать все особенности использования программного обеспечения, выбрать соответствующие программы или онлайн-инструменты и разработать стратегию переводческого процесса в проект. Результаты данной работы очень важны и необходимы для дальнейшего исследования особенностей использования ИКТ в переводе стартап-проектов

Ключевые слова: ИКТ, Информационно-коммуникационные технологии, перевод, стартап-проектов

С. І. БУХКАЛО

ІННОВАЦІЙНІ КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ЯК СКЛADOVA РОЗВИТКУ АССОЦІАЦІЙ EFCE та CFE-UA

У матеріалах статті розглянуті можливості для визначення цілей навчання студентів ВНЗ з метою подальшої розробки складових комплексних проектів. При написанні статті використано багаторічний досвід викладання дисципліни «Загальна технологія харчової промисловості» в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів. Цей досвід і добре знання предмета зумовили високу якість матеріалу для викладання дисципліни, а питання, що розглядаються пропущені через призму власного творчого сприйняття, що робить матеріал особливо цінним. Розробки проведені з застосуванням сучасних високоефективних науково-обґрунтованих технологій використання сировини, наприклад, від різновидів аналізу сировини та продуктів до вибору тари та упаковки на різних стадіях експлуатації та утилізації. Представлені приклади і деякі особливості можливих рішень навчання, які засновані на експериментальних даних розробки механізмів ідентифікації-класифікації процесів і їх наукового обґрунтування у вигляді об'єктів інтелектуальної власності. У статті показані приклади напрямків вдосконалення технології та обладнання для переробки томатів різними способами, проаналізовані методи інтенсифікації технологічних процесів виробництва томатної пасти, а також інновацій різновидів компаній зі складною обробкою томатів. Проблема утилізації різновидів відходів розглядається у вигляді складних комплексних процесів, їх досліджень і аналізу енерго- і ресурсозберігаючих складових.

Ключові слова: інтелектуальна власність, системи навчання, комплексні інноваційні проекти, науково обґрунтовані методи навчання студентів.

Вступ. На кафедрі інтегрованих технологій, процесів та апаратів (ІТПА) Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») багаторічний досвід викладання дисципліни «Загальна технологія харчової промисловості» пов'язаний з комплексним інноваційним принципом надання освіти. Кафедра ІТПА викладає курс «Загальна технологія харчової промисловості» з 1999 р. Початковим етапом розробки комплексного інноваційного завдання можна означити постановку навчальних курсів, які утворюють цикл з відповідних дисциплін і спрямовані на формування навичок створення й опису систем різного рівня складності.

Теоретична частина курсів включає матеріал про основні методології, засоби й структуру порівняльного аналізу. Поряд з основним теоретичним матеріалом у кожний з курсів включені блоки прикладів аналізу експериментальних досліджень різних актуальних технологій галузей, реально використовуваних у проектах підприємств. Удосконалювання рейтингової оцінки знань проводиться на основі аналізу застосовуваних форм контролю з використанням навчальних та методичних матеріалів, що входять в комплексний контроль означеної дисципліни.

З метою підготовки спеціалістів вищої кваліфікації з харчової промисловості викладачами кафедри видано понад 15 підручників та навчальних посібників з грифом МОН України (наприклад у Києві для усіх ВНЗ України (90%), наклад 10000 примірників). Підручники отримали нагороди МОН України та НАН вищої освіти.

В деяких виданнях [1–7] вперше в Україні запропоновано сумісне розглядання теоретичних питань з курсу (64 уч. год.), на підставі яких розроблено лабораторні роботи (64 уч. год.), вперше розроблені багатоваріантні тестові завдання та задачі

з основних тем курсу за болонською системою навчання; курсові, індивідуальні та контрольні завдання для самостійної роботи. Засвоєння студентами навчального матеріалу, в якій включено індивідуальні елементи нових наукових досліджень, завершується публікацією статті або тез конференції для кожного студента, а також треба відзначити складові навчання:

1) реалізація політики університету у сфері забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти;

2) затвердження плану заходів з моніторингу якості освітньої діяльності та якості вищої освіти на навчальний рік;

3) координація науково-методичної роботи в інститутах, на факультетах і кафедрах;

4) обговорення проектів нових нормативних документів, що регламентують організацію та зміст навчально-методичного забезпечення, підготовка рекомендацій щодо їх удосконалення з метою подальшого розвитку;

5) розгляд питань з ініціативи ректорату та Вченої ради університету щодо організаційного, методичного рівня освітнього процесу та наукове його забезпечення в інститутах, на конкретних кафедрах, факультетах і підготовка висновків про їх відповідність установленим вимогам;

6) оцінювання доцільності внесення нових нормативних документів на розгляд Вченої ради університету;

7) надання роз'яснень, тлумачень, консультацій щодо застосування нормативних документів з навчально-методичної роботи;

8) формування пропозицій щодо вдосконалення системи внутрішнього забезпечення якості в університеті та ін.

© Бухкало С.І., 2021

Загальні відомості про об'єкти вивчення та предмет дисципліни.

Ціль навчання, вимоги до знань студентів мають інноваційне розвинення у всіх семестрах реалізації комплексного плану за основними темами викладання дисципліни (табл. 1).

Відмінною особливістю навчання студентів в НТУ «ХП» за вказаними напрямками є його комплексний характер (таблиці 2 та 3 приклад для п'ятого семестру викладання дисципліни), оскільки сумісно розглядаються різновиди представлених матеріалів навчальних занять (нз): теоретичні питання курсу «Загальна технологія харчової промисловості», на яких засновані включені в підручник лабораторні роботи (лб), багатоваріантні тестові завдання у вигляді задач з основних тем курсу (пз), індивідуальні завдання та контрольні завдання, оціночний матеріал з урахуванням кількості годин (рис. 1 та рис. 2).

У підручниках та навчальних посібниках [1–8] за вищевказаною дисципліною, використовуються методологічні основи системного підходу до вивчення складних технологічних систем основних виробництв харчової промисловості за основними положеннями болонської системи навчання. Також приведені, наприклад, основні положення для складання та аналізу кінетичних моделей хімічних реакцій, апарати для їх проведення; розглянуто математичне моделювання хімічних реакторів з різною структурою потоків та принципи їх вибору, що є невід'ємною частиною курсу.

Головним завданням дисципліни є формування теоретичних знань у фахівців харчових виробництв

про основні принципи та процеси, що проходять у сировині, під час переробки та у готовому продукті. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: основні технологічні, наукові, методологічні, екологічні та техніко-економічні терміни і поняття; складові частини харчової сировини, напівфабрикатів та продукції, а також поживних речовин, їх функціонально технологічні особливості; закономірності процесів, які є спільними для виробництва харчової продукції, про цілісність процесів, що забезпечують завдані властивості харчового продукту; науково-теоретичні основи сучасних технологічних процесів і способи їх практичної реалізації; основні принципи технології, умови проведення технологічних операцій; вимоги стандартів до якості основної сировини, допоміжних матеріалів і цільової продукції; систему та методи хіміко-технологічного і мікробіологічного контролю виробництв; способи утилізації відходів і вторинної сировини основного виробництва.

Таким чином, при застосуванні комплексних навчальних занять відбувається формування і розвиток у студентів професійних компетенцій, що дозволяють їм виконувати інженерно-дослідну роботу за конкретними технологічними процесами. Для представленого матеріалу наявна різноманітність тем і завдань, які відповідають основним розділам курсу «Загальна технологія харчової промисловості» з включенням розділів «Класифікація основних закономірностей харчової технології» та «Основні характеристики комплексних проектів інноваційного промислового підприємства», що розширює можливості підготовки бакалаврів [1–5].

Таблиця 1. Класифікація-ідентифікація компетенції дисципліни за основними темами її викладання: Спеціальність 181 Харчові технології. Бакалавр (за сайтом НУХТ).

№	Приклади ієрархії складових освітньої програми «Харчові технології та інженерія», «Технології харчування» та «Технологічна експертиза та безпека харчової продукції» (за сайтом НУХТ)
1	Технології зберігання і переробки зерна
2	Технології харчових концентрованих продуктів на основі чаю.
3	Технології харчових продуктів оздоровчого та профілактичного призначення
4	Технології хліба та харчових концентратів
5	Технології органічних харчових продуктів
6	Технології харчових концентрованих продуктів, на основі фруктово-овочевої сировини, кави та прянощів
7	Технології кондитерських виробів та харчових концентратів
8	Технології харчових концентратів
9	Технології зберігання, консервування та переробки молока
10	Технології зберігання, консервування та переробки м'яса
11	Технології рослинних олій, жирових та косметичних продуктів
12	Технології зберігання та перероблення водних біоресурсів
13	Технології харчових концентрованих продуктів на основі фруктово-овочевої сировини
14	Технології цукру та полісахаридів
15	Технології питної води та водопідготовки харчових виробництв
16	Технології продуктів бродіння і виноробства
17	Технологічна експертиза та безпека харчової продукції
18	Технології аюрведичних харчових продуктів
19	Технології в ресторанному господарстві

Таблиця 1. Комплексний план навчальних занять першого модулю (приклад) кафедра ІТПА НТУ «ХПІ»

№ п/п	Вид нз	Години	Найменування тем, різновидів навантаження і питань аналізу кожного виду занять комплексу технології харчових виробництв
1	лк	2	Загальні відомості про: об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, вимоги до знань студентів; історичний розвиток харчової технології як науки в Україні; узагальнена структурна схема технологічної лінії та стадії харчового виробництва; основні питання модернізації виробництва.
2	лк	2	Загальна характеристика та ієрархія процесів технології підготовчих стадій виробництва, режими та засоби зберігання різних видів сировини та продукції.
3	лк	2	Технології підготовки різновидів сировини та напівфабрикатів до виробництва, ідентифікація-класифікація процесів та обладнання.
4	лк	2	Технології зберігання зерна: загальна характеристика та особливості, складові технологічних процесів та операцій, апаратурне оснащення основних стадій
	лб	2	Одержання, дослідження та аналіз деяких властивостей клейковини для різновидів пшеничного борошна, визначення загальних характеристик
	лб	2	Дослідження та аналіз результатів визначення автолітичної активності для різновидів пшеничного борошна – визначення α -амілази
	пз	2	Розрахунок маси сухих речовин і вологи у сировині для виробництва тіста, складові матеріальних балансів технологічних процесів
	пз	2	Розрахунок кількості борошна на заміс тіста, складові матеріальних балансів технологічних процесів різновидів продукції
2	лк	2	Технологія борошна: загальна характеристика, основні процеси та стадії виробництва різновидів борошна, їх апаратурне виконання, різновиди та ієрархія процесів помелу зерна.
	лк	2	Технологія круп та круп'яних виробів: принципова схема виробництва, призначення та апаратурне оформлення основних процесів: луцення, полірування, шліфування, технологічні режими
	лк	2	Технологія хліба: хлібопекарні властивості борошна; принципова схема хлібопекарного виробництва; основні стадії технології та їх апаратурне оснащення; технологічні параметри та їх вплив на процеси основних стадій виробництва хліба.
	лк	2	Технологія макаронних виробів: особливості рецептур макаронних виробів; принципова схема, технологічні режими та апаратурне оформлення основних стадій виробництва.
	лб	2	Дослідження та аналіз впливу режимів виготовлення тіста та його складових на реологічні властивості
	лб	2	Вивчення і аналіз загальних властивостей різновидів пшеничного борошна, ідентифікація-класифікація складових дослідження залежно від сорту та якості об'єктів дослідження.
	пз	2	Розрахунки допоміжної сировини на заміс тіста, класифікація-ідентифікація процесів виробництва та складові матеріальних балансів технологічних процесів
	пз	2	Розрахунки взаємозамінної сировини для замісу тіста, складові матеріальних балансів технологічних процесів. Модульна контрольна робота



Рис. 1. Области вдосконалення технології проектування

При виконанні індивідуальних завдань, лабораторних робіт студенти закріплюють знання, отримані при вивченні теоретичного матеріалу, вивчають на практиці вплив технологічного режиму на ефективність досліджуваного процесу, поглиблюють знання про нього, удосконалюються в методах обробки результатів експериментальних досліджень, в тому числі із застосуванням методів вибору раціональних умов проведення технологічних процесів, що відповідає вимогам сучасної системи навчання. Також студенти навчаються користуватися



Рис. 2. Методи вдосконалення технології проектування

нормативно-технічною та технологічною документацією на харчову продукцію; обирають раціональні технологічні рішення і науково їх обґрунтовують; застосовують методи математичної обробки результатів аналізу; за результатами виконаних досліджень аналізують та прогнозують перебіг технологічних процесів; аналізують технологічні ситуації, рівень екологічної безпеки харчових виробництв та інтенсифікації процесів ресурсо- і енергозбереження безвідходних виробництв.

В якості оціночних матеріалів для поточного, підсумкового контролю знань з різних розділів, для самоконтролю та контролю освоєння компетенцій у навчальний процес включено завдання в тестовій формі – багатоваріантні завдання, які дозволяють, при відносно невеликій кількості аудиторних занять, провести якісний контроль за всіма видами занять, включаючи самостійну роботу студентів.

Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів викладає нормативну дисципліну «Загальна технологія харчової промисловості»

понад 20 років для студентів 2 та 3 курсів ННТОР, нажалі з 2020 р. навчається вже тільки третій курс, що призвело до вилучення матеріалів з технології бродильних виробництв для студентів зі спеціалізації Технологія жирів і жирозамінників. Тільки за 2015–2020 рр. Бухкало С.І. самостійно або у співавторстві (рис. 3) видано понад 20 статей у фахових виданнях України та ЄС, які забезпечують комплексне викладання дисципліни за усіма видами навантаження (Вища освіта: Бакалаврат). [6].

Таблиця 2. Комплексний план навчальних занять другого модулю (приклад) кафедра ІТПА НТУ «ХП»

№ п/п	Вид нз	Години	Найменування тем і питань кожного заняття комплексу
3	лк	2	Технологія хлібопекарських дріжджів: сировина та технологічні режими основних стадій виробництва пресованих дріжджів
	лк	2	Технологія борошняних кондитерських виробів: технологічні режими на кожній стадії процесу виробництва, їх вплив на якість виробів.
	лк	2	Технологія цукристих кондитерських виробів: технологічні режими на кожній стадії процесу виробництва карамелі, їх вплив на якість виробів.
	лк	2	Технологія шоколадних виробів: технологічні режими на кожній стадії процесу виробництва, їх вплив на якість виробів.
	лб	2	Вивчення і аналіз властивостей хлібопекарських пресованих дріжджів
	лб	2	Дослідження та аналіз виробництва карамелі на патоці
	пз	2	Розрахунки температури і витрат води на заміс тіста
	пз	2	Визначення виходу хлібобулочних виробів за розрахунками.
4	лк	2	Загальна технологія харчових концентратів: стадії виробництва різновидів продукції та їх апаратне виконання (перші блюда).
	лк	2	Загальна технологія харчових концентратів: стадії виробництва різновидів продукції та їх апаратне виконання (другі та треті блюда).
	лк	2	Загальна технологія овочесушильного виробництва: особливості процесів та апаратне оформлення основних стадій виробництва
	лк	2	Технологія овочесушильного виробництва: особливості процесів та апаратне оформлення основних стадій виробництва.
	лб	2	Дослідження та аналіз газоутворювальної здатності борошна
	лб	2	Виготовлення та методи аналізу цукрової помадної маси
	пз	2	Розрахунки виробничих рецептур у виробництві хлібобулочних виробів
	пз	2	Модульна контрольна робота № 2

Ієрархія комплексних складові інноваційного навчання за дисципліною.

Рейтингове оцінювання, наприклад, індивідуального завдання у вигляді участі у комплексному інноваційному проєкті дозволяє оцінити самостійну роботу студентів при його підготовці та реалізації на усіх рівнях виконання. При цьому критерієм є не тільки здатність студента працювати з науково-технічною літературою, але і його вміння аналізувати отримані розрахункові та аналітичні матеріали, використовувати їх для більш повного розкриття заданої теми, його здатність захистити представлену роботу. Звичайно, для ефективного використання рейтингової системи необхідна безперервна, чітко організована перевірка всіх виконаних видів робіт, що дозволяє організувати процес оцінки знань студентів як безперервний з перших занять і до кінця семестру, при цьому важлива роль викладача, який повинен бути готовий витрачати свій час на перевірку всіх видів, практично, індивідуальних робіт студентів.

Для успішного розв'язку поставлених перед студентами при вивченні курсу завдань необхідно навчально-методичне забезпечення всіх запланованих контрольних заходів – ІДЗ, контрольні роботи, питання до захисту лабораторних робіт, співпраця зі студентами інших ВНЗ при виконанні основних цілей комплексного проєкту та ін. У цьому випадку використовуються навчально-методичні матеріали, що входять в навчально-методичний комплекс дисципліни «Загальна технологія харчових виробництв». До навчально-методичного комплексу дисципліни входять: навчальна й робоча програми по дисципліні, семестрові календарні плани, опис рейтингової системи по дисципліні із вказівкою на види робіт, контрольних точок, балів за кожний вид робіт, контрольні завдання для поточного й підсумкового контролю знань по дисципліні, навчально-методичні рекомендації для викладачів і студентів за критеріями, які пов'язані із проведенням контролю, тематика індивідуальних домашніх завдань і вимоги до їхнього змісту й оформленню,

матеріал поточного лекційного контролю за окремими темами дисципліни, навчально-методичні матеріали з організації самостійної роботи студентів, опубліковані й неопубліковані методичні розробки по даній дисципліні, у тому числі їх електронні версії, перелік використовуваних наочних матеріалів і технічних засобів навчання щодо контролю.

Аналіз учбово-методичного комплексу по ЗТХВ, проведений з урахуванням цієї структури, показав, які розділи курсу необхідно додатково забезпечити методичною літературою, які форми контролю й критерії оцінки потребують зміни, доповнення або коректування. При виконанні ІДЗ група підрозділяється на три-п'ять підгруп, кожна з яких виконує певний вид завдання комплексного інноваційного проекту з різними варіантами вихідних даних. Тому, крім учбово-пізнавальної й інформаційної компетенції, робота над кожним

індивідуальним домашнім завданням сприяє формуванню в студентів комунікативної компетенції, тому що при виконанні таких завдань їм доводиться обмінюватися інформацією, консультуватися в більш сильних студентів і консультувати тих, кому потрібна допомога. [1–5].

Зазвичай правильні дії студентів дозволяють реалізувати розумові здатності кожного в більш короткий термін, ніж при індивідуальній роботі, але захист роботи проходить в тій формі, яка дозволить перевірити вміння кожного студента діяти самостійно в аналогічних ситуаціях – захист у два етапи. Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти з додатковим творчими завданнями, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання.

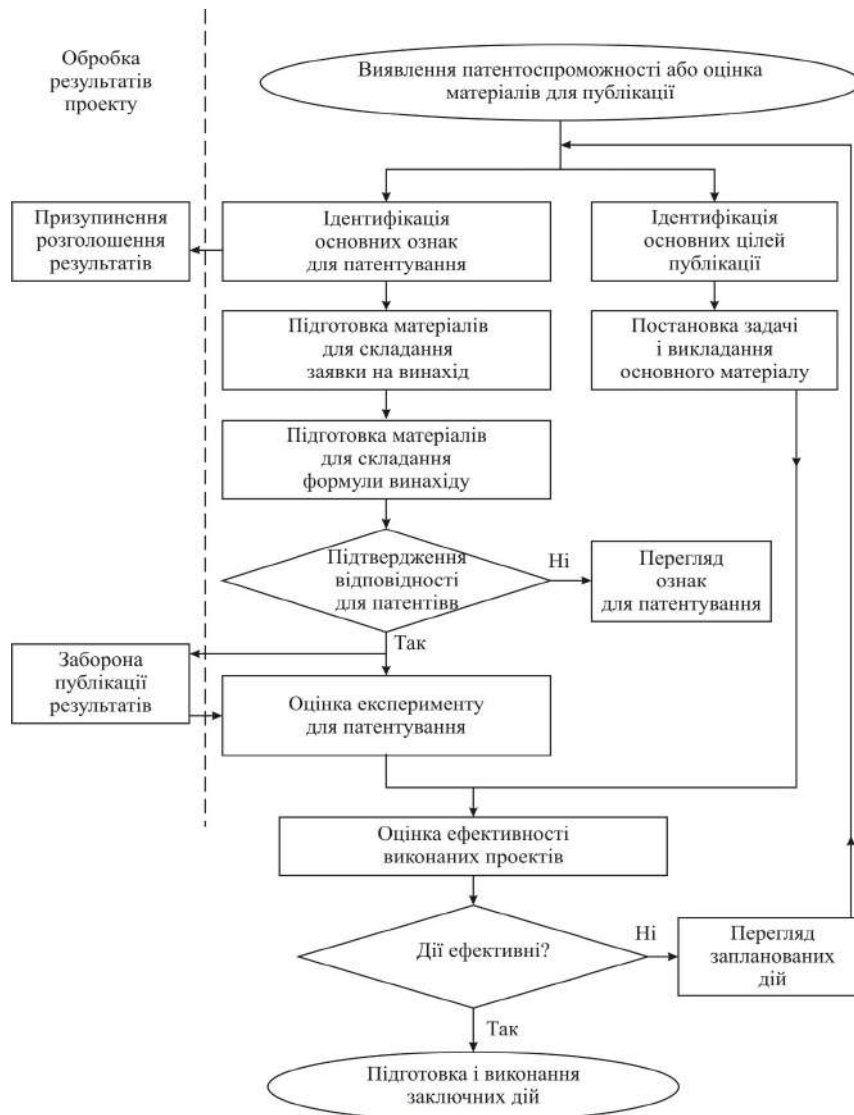


Рис. 3. Алгоритм інформаційної оцінки інноваційного дослідження



Рис. 4. Видання для розвитку комплексної інноваційної технології



Рис. 5. Алгоритм оцінювання роботи зі студентами на усіх рівнях інноваційного дослідження

Приклад визначення ієрархії комплексних складових інноваційного навчання за дисципліною.

Прикладом навчання у шостому семестрі може бути число систем у складі лінії і конкретні завдання їх функціонування, які залежать від способу

перетворення вихідної сировини і виду продукції, що випускається. Наприклад системи технології виробництва різновидів напівфабрикатів та томат-продуктів можна визначити за комплексною функціональною схемою:

1. Загальна класифікація-ідентифікація виробництва, асортимент галузі та продукції.

1.1. Особливості властивостей сировини виробництва – агротехнічні системи, наукове обґрунтування вибору критеріїв насіннєвої ієрархії різновидів томатів.

1.2. Особливості властивостей продукції виробництва з урахуванням виробничих потужностей.

1.3. Оцінювання можливостей виробництва відповідно НТД – контроль властивостей основної та допоміжної сировини, напівфабрикатів на усіх стадіях, різновидів продукції.

1.4. Класифікація-ідентифікація та загальні показники різновидів сировини та основної продукції.

2. Ієрархія визначення технологічних операцій виробництва.

2.1. Порівняльна характеристика функціональної схеми виробництва різновидів продукції.

2.2. Основні показники підготовки сировини до виробництва.

2.3. Ієрархія технології підготовчих операцій

2.3.1. Аналіз особливостей та цілі підготовки сировини: ієрархія мийних систем інженерії.

2.3.2. Аналіз особливостей логістичних систем: ієрархія систем інженерії транспортування.

2.3.3. Аналіз особливостей здрібнення сировини: ієрархія систем інспектування та здрібнення.

2.3.4. Аналіз особливостей процесів протирання сировини: ієрархія систем інженерії.

2.4. Системи класифікації-ідентифікації технології основних операцій.

2.4.1. Аналіз особливостей та ієрархія процесів випаровування томатної маси.

2.4.2. Розрахунки та аналіз особливостей випарного процесу у сучасних випарних апаратах.

2.4.3. Аналіз особливостей ієрархії асептичного консервування пастоподібних продуктів.

2.4.4. Аналіз особливостей вибору оптимальних режимів стерилізації з урахуванням можливостей протікання хімічних змін у процесі – ієрархія кінетичних процесів.

2.4.5. Постадійний технохімічний і бактеріологічний контроль процесів переробки сировини у продукт відповідно до НТД.

2.5. Системи технології заключних операцій – недоліки та переваги.

2.5.1. Фасування продукції у споживчій тарі – ієрархія процесів стерилізації.

2.5.2. Контроль пригнічення та знищення дії мікроорганізмів – виявлення бомбажних банок.

2.5.3. Контроль режимів та процесів зберігання – контроль і етикетування банок з продукцією.

3. Можливості підвищення ефективності процесів ресурсо- та енергозбереження.

3.1. Технологічні операції виготовлення цільових продуктів – ієрархія-класифікація;

3.2. Технологічні особливості виготовлення цільових продуктів – ієрархія-класифікація.

4. Ідентифікація-класифікація обладнання для виробництва різновидів продукції за потребою.

4.1. Особливості технологічних операцій виготовлення цільових продуктів.

4.2. Різновиди технологічних операцій: характеристика технологічних процесів та їх можливостей за якістю продукції.

5. Промислові способи виробництва різновидів продукції – переваги і недоліки.

5.1. Ієрархія систем визначення раціональних технологічних параметрів процесів на усіх стадіях виробництва.

5.2. Аналіз особливостей технологічних параметрів процесів (рис. 6).

6. Характеристика можливих дефектів продукції та причини їх виникнення.

6.1. Аналіз дефектів продукції та способи удосконалення технології продукції.



Рис. 6. Алгоритм класифікації-ідентифікації, розробки та визначення основних характеристик інноваційного дослідження

Б) Приклади виконання деяких пунктів функціональної схеми.

1.1. Агротехнічні системи можна представити як: виявлення кращих сортів і гібридів сільськогосподарських видів за технологією виробництва, продуктивністю та якістю сировини, стійкістю проти шкідливих організмів і стресових явищ у різних ґрунтово-кліматичних зонах вирощування та рекомендації щодо впровадження їх у виробництво. Якість сировини – різновидів плодів томатів визначається вмістом в них сухих речовини, сахарів, вітамінів і мінеральних солей, що безпосередньо залежить від інтенсивності і тривалості сонячного освітлення під час вегетації, а оптимальну температуру для росту і розвитку рослин – 22–25 °С. При цьому вони досить вимогливі до вологісного режиму. Системи вирощування та агротехніки з технології томатів у якості приклада сільськогосподарської культури, необхідно розглядати з метою організації комплексного підприємства з виробництва плодоовочевих різновидів продукції.

Вибір сільськогосподарських культур повинен враховувати види та генотипи, здатні забезпечити конкретні типології продукції, беручи до уваги ринкові та економічні умови, особливості та вимоги сільськогосподарських культур, сумісність між урожаєм та мікрокліматом, а також особливості ґрунту та ґрунтові хвороби. Представлена функціональна схема (рис. 7) виконання інноваційного дослідження.



Рис. 7. Підготовчі стадії виконання інноваційного дослідження

Для виробництва згущеної томатної пасти, важливими при підготовці сировинної бази є такі показники якості томатів, наприклад:

1.1.1. Високий вміст сухих речовин, що означає більш низький вміст води в плодах і, відповідно, менші витрати на видалення води в процесі концентрації;

1.1.2. Високий вміст сахарів у сировині та напівфабрикатах;

1.1.3. Зберігання кольору соку до і після процесу концентрації;

1.1.4. Високий вміст лікопіну;

1.1.5. В'язкість (залежить від вмісту нерозчинних сухих речовин, що становить близько 50% від загальних сухих речовин);

1.1.6. Показник кислотності (pH);

1.1.7. Відсутність ознак мікробіологічного зараження плодів.

Представлені приклади навчання мають багато позитивних навичок для студентів, особливо у період карантинних обмежень 2019-2021 рр. [17–21].

Українська асоціація хімічної і харчової інженерії (CFE-UA); Sustainable Process Integration Laboratory (SPIL) NETME Centre; Faculty of Mechanical Engineering Brno University of Technology – VUT Brno, Czech Republik; АТ «Співдружність – Т». Українська асоціація хімічної і харчової інженерії являється структурно складовою частиною Європейської федерації хімічної інженерії (EFCE). Українська асоціація хімічної і харчової інженерії сприяє співробітництву з EFCE між некомерційними професійними науково-технічними товариствами для загального розвитку хімічної та харчової промисловості і як засіб сприяння розвитку хімічної та харчової технології, що планується у наступних заходах для членів асоціації:

1) укріпити представництво України в робочих групах EFCE делегатами від асоціації за означеними напрямками;

2) клопотання керівництва Української асоціації хімічної і харчової інженерії до EFCE щодо безкоштовної публікації наукових розробок членів асоціації у провідних європейських журналах;

3) утворення сприятливих умов для участі молодих вчених у Європейських конференціях за рахунок, наприклад, зниження суми організаційних внесків;

4) сприяння підвищенню професійного та етичного рівня своїх членів шляхом надання їм безкоштовної методологічної і консультативної допомоги, організації і проведення лекцій, семінарів та інших заходів;

5) надання майданчиків і площ для проведення занять, тренувальних заходів і оздоровчих практик;

6) розробка пропозицій до державних освітніх програм, законодавчих актів та нормативно-технічної документації, спрямованих на розвиток і удосконалення громадського суспільства в Україні, Євросоюзі та інших країнах, сприяння втіленню їх у життя, і т.і.

Висновки та перспективи подальшого розвитку.

Представлені можливості комплексного інноваційного навчання студентів можуть бути застосовані для різновидів галузей харчової технології з урахуванням розвитку Європейської Федерації Хімічної Інженерії. Основною метою діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» є вирішення

питань розвитку хімічної та харчової промисловості та співпраці з Європейською Федерацією Хімічної Інженерії, участь та організація Українських та Міжнародних наукових конференцій, семінарів, симпозіумів, обмін науковими досягненнями, організація виставок, екскурсійних відвідувань наукових цінностей членів Організації – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів харчової та хімічної інженерії (рис. 8).



Рис. 8. Алгоритм класифікації-ідентифікації та розробки інноваційного дослідження

Відповідними напрямками діяльності Організації можна визначити:

- 1) вирішення питань з розвитку хімічної та харчової промисловості;
- 2) вирішення питань співпраці з Європейською Федерацією Хімічної Інженерії;
- 3) участь та організація Українських та Міжнародних наукових конференцій;
- 4) обмін науковими досягненнями; сприяння становленню творчих ініціатив, спрямованих на поліпшення структур освіти;
- 5) надання освітніх, інформаційних, посередницьких та інших послуг населенню, підприємствам і організаціям;
- 6) здійснення соціальної рекламної, видавничої та іншої інформаційної діяльності в Україні та за її межами;
- 7) здійснення інших видів діяльності, пов'язаних з досягненням статутних цілей, які не заборонені чинним законодавством. розповсюдження інформації про діяльність Організації та ін.

Відповідними напрямками навчання за фахом можна визначити:

- 1) загальна хімічна технологія складає частину теоретичної та експериментальної основи інноваційних виробництв харчових технологій;

2) однією з задач викладання дисципліни ЗТХВ понад 20 років на кафедрі інтегрованих технологій, процесів та апаратів (ІТПА) є вивчення сучасних технологічних процесів харчових виробництв, установлення взаємозв'язку технологічних параметрів з технологічними процесами і апаратами та обладнанням;

3) на кафедрі інтегрованих технологій, процесів та апаратів є фахові викладачі, практично, з усіх галузей харчової промисловості за напрямками (як визначено на сайті НУХТ), а не тільки фахівці з технології жирів та пива;

4) на кафедрі технології жирів та продуктів бродіння (ТЖ) фахові викладачі з підготовки інженерів-технологів бакалаврів та магістрів для усіх галузей харчової промисловості, наприклад, технології галузей м'ясо-молочної, цукрової, хлібобулочної, консервування, крохмале-патокової, плодово-овочевої галузі консервування, водопідготовки, кондитерської, різновидів концентратів, чаю та ін. – відсутні і вони не мають наукових розробок для викладання цих розділів технологічних процесів.

5) на кафедрі ТЖ НТУ «ХП» відсутні підручники та навчальні посібники з підготовки бакалаврів та магістрів з грифом МОН України для різновидів технології великотоннажних галузей харчової промисловості окрім «Технології продуктів бродіння і виноробства», «Технології рослинних олій, жирових та косметичних продуктів».

6) що порівняльна кількість накладів підручників та навчальних посібників (сумарний наклад видання у м. Київ, ЦНЛ, складає понад 10000 екземплярів) з підготовки фахівців для усіх галузей харчової промисловості кафедри ІТПА та кафедри ТЖ складає 1000:0;

7) студенти 3–6 курсів кафедри жирів НТУ «ХП» та багатьох інших ВНЗ України навчаються за виданими на кафедрі ІТПА НТУ «ХП» підручниками та навчальними посібниками, що знаходяться у продажу з підготовки фахівців для усіх галузей харчової промисловості;

8) можна визнає наявність більш ніж 20 років передового досвіду організації навчально-методичної роботи кафедрою ІТПА НТУ «ХП» та накопичення нею компетентнісного рівня освіти;

9) програмним результатом вивчення дисципліни ЗТХВ є комплексне уявлення про найважливіші технологічні поняття і визначення складових процесів та методології їх викладання: класифікація-ідентифікація технологічних процесів, апаратів і технологічних потоків; наприклад, кінетика технологічних процесів; технологічні процеси переробки різних видів сировини в харчові продукти; навички при виборі оптимальної технологічної схеми виробництва по удосконаленню й оптимізації технологічних процесів і апаратів з урахуванням зниження питомих енерговитрат та процесів ресурсо- та енергозбереження, підвищення виходу кінцевого продукту і підвищення якості;

вміння виконувати розрахунки матеріальних і теплових балансів харчових виробництв, основних технологічних параметрів: продуктивності, вихід продукції, витрати продуктів і ін. – усі перелічені поняття визначаються елементами ЗТХВ, вони входять та визначені як елементи для усіх галузей означеної дисципліни;

10) кафедра ІТПА має унікальний лабораторний практикум з 30 експериментальних науково-дослідних робіт, який виданий у вигляді підручника з грифом МОН (сумарний наклад видання у м. Київ, ЦНЛ, понад 1000 екземплярів для ВНЗ України) до якого входять експериментальні наукові роботи за темами курсу ЗТХВ (на кафедрі ТЖ він відсутній);

11) кафедра ІТПА за темами курсу з технології харчових виробництв має унікальний багатоваріантний практикум з різновидів розрахунків за усіма технологіями викладання (сумарний наклад видання у м. Київ, ЦНЛ, понад 1000 екземплярів для ВНЗ України), який виданий у вигляді підручника з грифом МОН (на кафедрі ТЖ він відсутній);

12) кафедра ІТПА за темами курсу з технології харчових виробництв має унікальний теоретичний та практичний матеріал для самостійної роботи студентів за усіма технологіями викладання (сумарний наклад видання у м. Київ, ЦНЛ, понад 1000 екземплярів для ВНЗ України), який виданий у вигляді підручника з грифом МОН (на кафедрі ТЖ він відсутній);

13) дисципліну ЗТХВ в НТУ «ХПІ» та багатьох інших ВНЗ України фактично понад 20 років викладають за підручниками, написаними викладачами кафедри ІТПА та затвердженими МОН України (на кафедрі ТЖ вони відсутні);

14) науково-дослідні інноваційні розробки та публікації у фахових виданнях (а також Scopus та Web of Science) за різновидами галузей харчової технології для викладачів кафедри ІТПА за 20 років складають понад 100 статей та тез міжнародних конференцій що, у свою чергу, є матеріалом для комплексного широкого викладання технологій харчових виробництв.

15) беззаперечно «так» є відповідь на запитання чи потрібно студентам вивчати при комплексному інноваційному напрямку розвитку розглядати особливості проведення хімічних процесів при технологічній переробці або наданні нових властивостей різновидам продовольчої сировини, напівфабрикатів та продуктів (наприклад, модифіковані крохмалі, різновиди патоки, різновиди жирів, миючих та косметичних засобів, інверсного цукру та інші);

Список литературы

1. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». 201 с.

2. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». 208 с.
3. Bukhkalov S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, Vol.70, – pp. 2047–2052.
4. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. Підручник. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
5. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Зіпунніков М.М. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи): Підручник. – К.: ЦНЛ, 2013. – 352 с.
6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
7. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
8. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнутова М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 342.
9. Ситник В.В., Яценко Б.С., Бухкало С.І., Сирку М.А., Касьян А.С., Оса О.В. Визначення експериментальних властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 343.
10. Мальцева А.О., Бухкало С.І., Іглін С.П., та ін. Загальні умови процесів кристалізації цукру. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 233.
11. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 249.
12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
13. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects/2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14

14. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
15. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 160–166.
16. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 72–80.
17. Zipunnikov, Mykola; Bukhkalov, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fuajc/article/view/258>.
18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhkalov, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazayeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
19. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhkalov, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaf and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
20. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
21. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
22. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) / Товажнянський Л.Л., Денисова А.Є., Демидов І.М., Капустенко П.О., Арсенєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 468 с.
23. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. нпракт. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 1719 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
24. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техника, технология, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. нпр. конф. MicroCAD2018, 1618 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». 208 с.
25. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2014. № 16. С. 3–11.
26. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнута М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техника, технология, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. нпракт. конференції (MicroCAD2019), 15–17 мая 2019 р.: Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 342.
27. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Ольховська В.О., Зіпунніков М.М. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 66–74. doi: 10.20998/22204784.2019.15.12
28. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi: 10.20998/22204784.2019.21.13
29. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Зіпунніков М.М., Ольховська В.О., Сирку М.А. Аналіз можливостей регенерації етилового спирту у виробництві пектину. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 21(1346). – С. 19–30. doi: 10.20998/22204784.2019.21.04
30. Бухкало С.І. Перспективи розвитку технологій крохмалю з картоплі та кукурудзи. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 21(1346). – С. 75–83. doi: 10.20998/22204784.2019.21.12
31. Бухкало С.І. Технологічні об'єкти утилізації/модифікації полімерної тари та пакування. Збірник наукових праць XVII міжнародної наукової конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових і хімічних виробництв» 38 вересня 2018, м. Одеса. С. 140–142.

References (transliterated)

1. Bukhkalov S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 201 p.
2. Bukhkalov S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 208 p.
3. Bukhkalov S.I., Klemes J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, Vol.70, pp. 2047–2052.
4. Tovazhnyanskij L.L., Bukhkalov S.I., Kapustenko P.O. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah. Pidruchnik. K.: CNL, 2011. 832 p.
5. Tovazhnyanskij L.L., Bukhkalov S.I., Zipunnikov M.M. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi): Pidruchnik. – K.: CNL, 2013. – 352 p.
6. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
7. Bukhkalov S.I. Vznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursivih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». 217 p.

8. Sirku M.A., Bukhkalov S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannya kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezah kursivih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 342.
9. Sitnik V.V., Jacenko B.S., Bukhkalov S.I., Sirku M.A., Kas'jan A.S., Osa O.V. Viznachennja eksperimental'nih vlastivostej sirovini u mezah kursivih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019: Ch. II / za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI», p. 343.
10. Mal'ceva A.O., Bukhkalov S.I., Iglin S.P., ta in. Zagal'ni umovi procesiv kristalizacii cukru. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovopraktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II./za red. prof. Sokola E.I. Kharkiv: NTU «KhPI», p. 233.
11. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhkalov S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonomirnostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoï naukovopraktichnoï konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II./za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
12. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 412 p.
13. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhov's'ka O.I., Zipunnikov M.M., Olkhov's'ka V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – C. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
14. Bukhkalov S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17-19 maja 2017. Kh.: Ch. III, – p. 14.
15. Bukhkalov S.I., Serikov A.V., Ol'hov's'ka O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak kompleksne innovacionnyh proektov / S.I. Bukhkalov, A. V. Serikov, O.I. Ol'hov's'ka i dr.// Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 160–166.
16. Bukhkalov S.I., Garder S.E., Ol'hov's'ka O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 72–80.
17. Zipunnikov, Mykola; Bukhkalov, Svetlana; Kutenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhkalov, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
19. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhkalov, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
20. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2018, 108 p.
21. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmaju). 2-ge vid. dop.: ch. 2 [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2019, 108 p.
22. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnyans'kij L.L., Bukhkalov S.I., Denisova A.E., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2016, 468 p.
23. Bukhkalov S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17–19 maja 2017. Kh.: Ch. III, – p. 14.
24. Bukhkalov S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD–2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 208 p.
25. Bukhkalov S.I. Udostonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishhih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». H.: NTU «KhPI». 2014. № 16. – pp. 3–11.
26. Sirku M.A., Bukhkalov S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannya kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezah kursivih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD–2019), 15–17 maja 2019.: Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». p. 342.
27. Bukhkalov S.I., Ol'hov's'ka O.I., Ol'hov's'ka V.O., Zipunnikov M.M. Doslidzhennja ta analiz innovacijnih zahodiv z tehnologii kompleksnoi utilizacii pisljaspirovoï bardi. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – No. 15(1340). – pp. 66–74. doi: 10.20998/2220–4784.2019.15.12
28. Bukhkalov S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologii modifikovanih krohmajiv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220–4784.2019.21.13
29. Bukhkalov S.I., Ol'hov's'ka O.I., Zipunnikov M.M., Ol'hov's'ka V.O., Sirku M.A. Analiz mozhlivostej regeneracii etilovogo spirtu u virobnictvi pektinu. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 19–30. doi: 10.20998/2220–4784.2019.21.04
30. Bukhkalov S.I. Perspektivi rozvitku tehnologii krohmaju z kartopli ta kukurudzi. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – No. 21(1346). – pp. 75–83. doi: 10.20998/2220–4784.2019.21.12
31. Bukhkalov S.I. Tehnologichni ob'ekti utilizacii–modifikacii polimernoï tari ta pakuvannja. Zbirnik naukovih prac' XVII mizhnarodnoï naukovoi konferencii «Udoskonalennja procesiv i obladnannja harchovih i himichnih virobnictv» 3–8 veresnja 2018, m. Odesa. pp. 140–142.

Надійшло (received) 19.05.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhhalo Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>;

e-mail: bis.khr@gmail.com

С. И. БУХКАЛО

ИННОВАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ РАЗВИТИЯ АССОЦИАЦИЙ EFCE и CFE-UA

В материалах статьи рассмотрены возможности определения целей обучения студентов ВНЗ с целью дальнейшей разработки составляющих комплексных проектов. При написании статьи использован многолетний опыт преподавания дисциплины «Общая технология пищевой промышленности» в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» на кафедре интегрированных технологий, процессов и аппаратов. Этот опыт и хорошее знание предмета обусловили высокое качество материала для преподавания дисциплины, а рассматриваемые вопросы пропущены через призму собственного творческого восприятия, что делает материал особенно ценным. Разработки проведены с применением современных высокоэффективных научно-обоснованных технологий использования сырья, например, от разновидностей анализа сырья и продуктов к выбору полимерной тары и упаковки на различных стадиях эксплуатации и утилизации. Представлены примеры и некоторые особенности возможных решений обучения, основанные на экспериментальных данных разработки механизмов идентификации-классификации процессов и их научного обоснования в виде объектов интеллектуальной собственности. В статье показаны примеры направлений совершенствования технологии и оборудование для переработки томатов различными способами, проанализированы методы интенсификации технологических процессов производства томатной пасты, а также инноваций разновидностей компаний со сложной обработкой томатов. Проблема утилизации разновидностей отходов рассматривается в виде сложных комплексных процессов, их исследований и анализа энерго- и ресурсосберегающих составляющих.

Ключевые слова: интеллектуальная собственность, комплексные инновационные проекты, научно обоснованные методы обучения студентов.

S. I. BUKHKALO

INNOVATIVE COMPLEX SYSTEMS FOR TEACHING FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY AS A COMPONENT OF THE DEVELOPMENT OF THE EFCE and CFE-UA ASSOCIATIONS

The materials of the article consider the possibilities for determining the goals of education of university students in order to further develop the components of complex projects. When writing the article, the long-term experience of teaching the discipline "General technology of the food industry" at the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" at the Department of Integrated Technologies, Processes and Apparatuses was used. This experience and good knowledge of the subject determined the high quality of the material for teaching the discipline, and the issues under consideration were passed through the prism of their own creative perception, which makes the material especially valuable. Developments have been carried out using modern, highly efficient, science-based technologies for the use of raw materials, for example, from the types of analysis of raw materials and products to the choice of polymer packaging and packaging at various stages of operation and disposal. Examples and some features of possible learning solutions based on experimental data of development of mechanisms of identification-classification of processes and their scientific substantiation in the form of objects of intellectual property are presented. The article shows examples of directions for improving technology and equipment for processing tomatoes in various ways, analyzes methods for intensifying technological processes for the production of tomato paste, as well as innovations of varieties of companies with complex processing of tomatoes. The problem of waste disposal is considered in the form of complex integrated processes, their research and analysis of energy and resource-saving components. The results of research on disposal can be used to select methods of recycling - modification or disposal.

Keywords: intellectual property, integrated technologies, evidence-based methods.

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЛИСТ

Європейська федерація хімічної інженерії (EFCE) являє собою об'єднання національних неприбуткових федерацій (асоціацій) хімічної інженерії. Вона була створена у 50-х роках минулого сторіччя з метою сприяння кооперації у Європі національних неприбуткових професійних наукових та технічних об'єднань для забезпечення прогресу хімічної інженерії та розробки сучасних засобів та технологій.

Структура EFCE включає в себе робочі групи та секції з основних напрямків хімічної та харчової інженерії. Найменування секцій: 1) проектування та інженерія цільового продукту; 2) харчової інженерії; 3) мембранної інженерії; 4) сталого розвитку.

Робочі групи федерації: 1) освіти; 2) комп'ютерної процесної інженерії; 3) безпеки на виробництві та мінімізації шкідливих промислових викидів; 4) інженерія хімічних реакцій; 5) сепарація рідин; 6) електрохімічна інженерія; 7) кристалізація; 8) течія багатофазних середовищ; 9) змішання; 10) механіка подрібнених твердих фаз; 11) статична електрика у промисловості; 12) сушка; 13) роздроблення та класифікація; 14) системи характеристизації частинок; 15) технології високого тиску; 16) інженерія полімерних реакцій; 17) агломерація; 18) інтенсифікація процесів; 19) термодинаміка та транспортні властивості; 20) дизайн та якість.

Українська асоціація хімічної і харчової інженерії (CFE-UA) являється структурно складовою частиною EFCE. Вчені України представлені в робочих групах – 2 (проф. П.О. Капустенко, НТУ «ХП»), – 4 (проф. А.А. Фокін, НТУУ «КП»), та – 15 (академік АА. Долинський, ІТ НАН України).

З ціллю підвищення визнання досягнень української хімічної і харчової інженерії вченими Європейської спільноти задачами CFE-UA вважаються: 1) підвищення рівня цитування наукових робіт у міжнародних науково-метричних базах; 2) зміцнити представництво України в робочих групах та секціях EFCE делегатами від асоціації CFE-UA за означеними напрямками; 3) сприяти безкоштовній публікації наукових розробок членів асоціації у провідних європейських журналах; 4) публікація матеріалів рекламного напрямку виробників та розробників хімічної і харчової продукції у виданнях; 5) надання регулярної інформації про проведення різного рівня міжнародних конференцій, форумів та семінарів в Україні та Європі; 6) утворення сприятливих умов для участі молодих вчених у Європейських конференціях за рахунок, наприклад, зниження суми організаційних внесків; 7) сприяння підвищенню професійного та етичного рівня своїх членів шляхом надання їм безкоштовної методологічної і консультативної допомоги, організація і проведення лекцій, семінарів та інших заходів; 8) надання майданчиків і площ для проведення занять, тренувальних заходів і оздоровчих практик; 9) розробка пропозицій до державних програм, законодавчих актів, спрямованих на розвиток і удосконалення громадського суспільства в Україні, Євросоюзі та інших країн, сприяння втіленню їх у життя, і т.і.

CFE-UA сприятиме співробітництву вчених та виробників хімічної та харчової промисловості України з EFCE для загального розвитку хімічної та харчової промисловості. Члени Української асоціації хімічної і харчової інженерії своєчасно сплачувати вступні (400–1000 грн від регіонального осередку) та членські внески (400–1000 грн від регіонального осередку) в розмірах та строки, що встановлюються Правлінням Організації (протягом поточного місяця). Додаткову інформацію та реквізити для сплати членських внесків можна знайти на сайті асоціації cfe.org.ua Громадська організація «Українська асоціація хімічної і харчової інженерії»

ОКПО 41071591

п/р 2600800119725 в ПАТ «СКАЙ БАНК», МФО 351254

Адреса: 61002, м. Харків, вул. Багалія, буд.21

ФП та організація платника

Тел: +380577202223

Обов'язково на сайті cfe.org.ua треба заповнити анкету. Для листування можна використовувати адресу кафедри ІТПА НТУ «ХП» як адресу Українській асоціації хімічної і харчової інженерії: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХП», каф. ІТПА, секретар проф. Бухкало С.І.; тел. [+380932430788](tel:+380932430788), email: cfe.ukraine@gmail.com

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

<i>Височин В. В., Нікульшин В. Р., Денисова А. Є., Бударін В. О.</i> Особливості опромінення двосторонніх фотопанелей	3
<i>Говоров П. П., Бухкало С. І., А. К. Кіндінова, М. Л. Земелько</i> Ієрархія можливостей світлотехніки на шляху розвитку інновацій у виробництвах харчових технологій	9
<i>Zezehalo I. H., Bukhhalo S. I., Ivanytska I. O., Aheicheva O. O.</i> Acid treatments quality improving analysis through new working agents usage	18
<i>Гемма О. С.</i> Підвищення екологічної безпеки стічних вод харчових виробництв озонуванням шляхом очищення (знезараження)	24

МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

<i>Prishchenko O. P., Chernogor T. T.</i> Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems	30
<i>Cheremskaya N. V.</i> Application of the correlation theory of inhomogeneous random fields to the study of the statistically inhomogeneous screen model	36
<i>Efimov O.V., Kavertsev V. L., Potanina T. V., Harkusha T. A., Tiutiunyk L.I., Motovilnik A. V</i> Methods and approaches to simulation, diagnostics, forecasting equipment state and optimization of robot modes of NPP power units	43

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

<i>Бухкало С.І., Руднева Л.Л., Ольховська В.О.</i> Розвиток інновацій з застосування рослинних восків у стоматології	48
<i>Порохня М. Ф.</i> Дослідження впливу основних технологічних параметрів (температура розчину, навантаження по газу) на ефективність процесу карбонізації в промислових умовах	55
<i>Бухкало С. І., Земелько М. Л.</i> Дослідження впливу деяких технологічних параметрів на реологічні характеристики різновидів шоколадних глазурей	62

ІННОВАЦІЙНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

<i>Bukhhalo S. I., Ageicheva A. O., Moskalenko M. V., Vypovska A. Y.</i> ICT usage implementation in startup projects translation	71
<i>Бухкало С. І.</i> Інноваційні комплексні системи викладання дисципліни технологія харчових виробництв як складова розвитку асоціацій EFCE та CFE-UA	80
ІНФОРМАЦІЯ	93
ЗМІСТ	94

CONTENT

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC DEVELOPMENTS

<i>Wysochin V. V., Nikulshin V. R., Denysova A. E., Budarin V. O.</i> Features of photo panels bilateral irradiation	3
<i>Hovorov P. P., Bukhkalov S. I., Kindinova A. K., Mariia Zemelko</i> Hierarchy of lighting possibilities on the way of developing innovations in food technology production	9
<i>Zezekalo I. H., Bukhkalov S. I., Ivanytska I. O., Aheicheva O. O.</i> Acid treatments quality improving analysis through new working agents usage	18
<i>Hetta Oksana</i> Improving environmental safety by treating (disinfecting) wastewater from food production by ozonation	24

MODELING AS A TOOL OF INNOVATION

<i>Prishchenko O. P., Chernogor T. T.</i> Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems	30
<i>Cheremskaya N. V.</i> Application of the correlation theory of inhomogeneous random fields to the study of the statistically inhomogeneous screen model	36
<i>Efimov O. V., Kavertsev V. L., Potanina T. V., Harkusha T. A., Tiutiunyk L. I., Motovilnik A. V.</i> Methods and approaches to simulation, diagnostics, forecasting equipment state and optimization of robot modes of NPP power units	43

ENERGY AND RESOURCE SAVING AS PROBLEMS AND TECHNOLOGIES OF INNOVATIONS

<i>Bukhkalov S. I., Rudnieva L. L., Victoria Olkhovska</i> Development of innovations in the application of vegetable waxes in dentistry	48
<i>Mykola Porokhnia</i> Investigation of the influence of main technological parameters (solution temperature, gas load) on the efficiency of carbonization process in	55
<i>Bukhkalov S. I., Mariia Zemelko</i> Investigation of influence of certain technological parameters on rheological characteristics of chocolate glazes	62

INNOVATIVE SCIENTIFIC RESEARCH DIFFERENT PURPOSES

<i>Bukhkalov S. I., Ageicheva A. O., Moskalenko M. V., Vypovska A. Y.</i> ICT usage implementation in startup projects translation	71
<i>Bukhkalov S. I.</i> Innovative complex systems for teaching food production technology as a component of the development of the EFCE and CFE-UA associations	80
INFORMATION	93
CONTENT	94

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХП»
СЕРІЯ: ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У НАУКОВИХ РОБОТАХ
СТУДЕНТІВ**

Збірник наукових праць

№ 1'2021

Головний редактор: канд. техн. наук, чл.-кор. НАН вищої освіти України, проф. С.І. Бухкало

Технічний редактор: доц. Н.М. Мірошніченко

Відповідальний за випуск канд. техн. наук, доц. Н.М. Мірошніченко

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЙ: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХП».

Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів.

Тел.: (057) 707-63-04; +380673010613, e-mail: bis.khr@gmail.com

Підп. до друку 13.08.21 р. Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,0. Облік.-вид. арк. 8,75
Тираж 100 пр. Зам. № 25. Ціна договірна.

Друкарня «ФОП Пісня О. В.». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ВО2 № 248750 від 13.09.2017 р.
61002, Харків, вул. Гіршмана, 16а, кв. 21, тел. 0932430788
