

ISSN 2220-4784
ISSN 2663-8738



ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

СЕРІЯ: Інноваційні дослідження у наукових роботах
студентів

2'2023

Харків
НТУ «ХПІ», 2023

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**

№ 2'2023

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

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

No. 2'2023

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

Харків
НТУ «ХПІ», 2023

Kharkiv
NTU "KhPI", 2023

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», 2023. — № 2 (1366) 2023. — 100 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:

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

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

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

Зіпунніков М.М., к.т.н., с.н.с., ІПМаш НАН

України, с.н.с. відділу водневої енергетики

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

Й. Клемеш, проф., Керівник лабораторії інтеграції сталого процесу, Вища технічна техніка у Брно, Чеська Республіка

П. Варбанов, РНД, доц., с.н.с., Лабораторія інтеграції сталого процесу, Технологічний університет Брно, Чеська Республіка

П. Стехлик, РНД, проф., технологічний університет, Брно, Чеська республіка

З. Краванья, проф., лабораторія системотехніки і устойчивого розвитку, Марибор, Словенія

Ф. Фридлер, проф., Католический университет, лабораторія Heriberto Cabezas, Будапешт, Венгрія

Л. Пуиджанер, професор, доктор філософії, Политехнічний університет Каталонії, кафедра хімічного машиностроєння, Барселона, Іспанія

И. Плазл, проф., факультет хімії і хімічної технології, Університет Любляни, Любляна, Словенія

Лам Хон Лунг, доктор філософії (Chem Eng); (І.Т.), Ноттингемський університет, кампус Малайзії, кафедра хімічної і екологічної інженерії, Малайзія

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:

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

Zipunnikov M.M., A.M. Pidhorny Institute of Mechanical Engineering Problems of NASU

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 Engineering's Problems of National Academy of Sciences of Ukraine

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 9 від 31 жовтня 2023 р.

Т. В. БРУСЕНЦЕВА, Н. С. КОРОЛЬОВА, Н. М. НИМЕЦЬ, Н. С. ЦАПКО

ОСНОВНІ АСПЕКТИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ЗАКОНУ ПРО УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ДО ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗАКОНОДАВСТВА

У матеріалах статті розглянуті основні аспекти імплементації прийнятого 9 липня 2023 року Закону України «Про управління відходами», який запускає реформу управління відходами та наближає українське законодавство до законодавства ЄС. Наведено перелік ключових новацій цього закону. Проаналізовано впровадження та застосування прийнятих цим законом переліку відходів (List of Waste) і Порядку класифікації відходів. Наведено перелік нормативно-правових актів, спрямованих на реалізацію положень рамкового Закону «Про управління відходами». У статті наведені приклади ієрархії структури світових сміттєвих відходів та класифікації-ідентифікації поводження з відходами у деяких країнах світу та Україні. Закон України «Про управління відходами» наближає наше законодавство до законодавства ЄС, а також запускає реформу управління відходами. Рамковий закон «Про управління відходами» імплемтує в наше законодавство базові принципи управління відходами в контексті євроінтеграційного руху України, але не може вирішити всіх нагальних питань одночасно.

Ключові слова: Закон України «Про управління відходами», Європейське законодавство, перелік відходів, Порядок класифікації відходів, плани управління відходами, нормативно-правові акти.

T. BRUSENCEVA, N. KOROLEVA, N. NIMETS, N. TSAPKO

MAIN ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE LAW ON WASTE MANAGEMENT IN EUROPEAN LEGISLATION

The article discusses the main aspects of the implementation of the Law of Ukraine «On Waste Management» adopted on July 9, 2023, which launches waste management reform and approximates Ukrainian legislation to EU legislation. A list of key innovations of this law is provided. The introduction and application of the List of Waste and the Procedure for Waste classification adopted by this law are analyzed. A list of normative legal acts aimed at implementing the provisions of the framework Law «On Waste Management» is provided. The article provides examples of the hierarchy of the structure of global waste and the classification-identification of waste management in some countries of the world and Ukraine. The Law of Ukraine "On Waste Management" brings our legislation closer to the EU legislation, and also initiates the reform of waste management. The Framework Law "On Waste Management" implements the basic principles of waste management into our legislation in the context of the European integration movement of Ukraine, but it cannot solve all urgent issues at the same time.

Keywords: Law of Ukraine «On Waste Management», European legislation, list of waste, Procedure for classification of waste, waste management plans, normative legal acts.

Вступ. В Україні щорічно утворюється до 500 млн т відходів, у тому числі від первинного (76%) і вторинного (близько 18%) виробництва, від сільського господарства (близько 2%). Ще 2% припадає на побутові відходи — їх щорічно виробляється близько 12 млн т. (рис. 1).

На звалище

Структура світових сміттєвих відходів

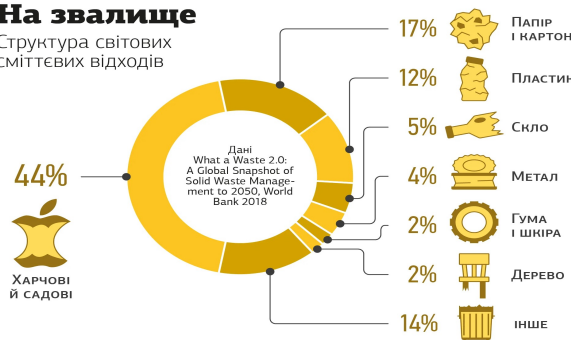


Рис. 1. Узагальнена ієрархія структури сміттєвих відходів

У світовому масштабі: у державах з високим рівнем доходів, де проживає близько 16% населення планети, утворюється понад третина від 2 млрд т річного обсягу твердих побутових відходів світу (рис. 2).

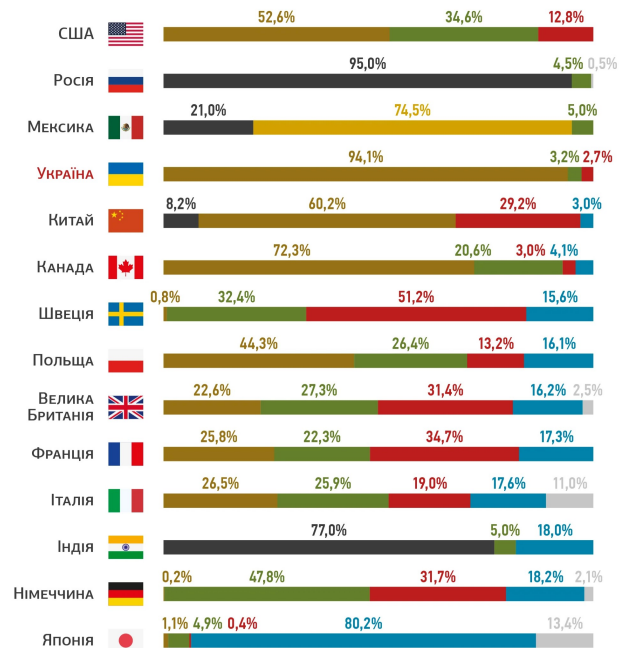


Рис. 2. Класифікації-ідентифікації можливостей поводження з відходами у деяких країнах світу та України.

© Кустурова О.В., Корольова Н.С. Німець Н.М., Цапко Н.С., 2023

Пояснення до рис. 2 представлені у вигляді складових дослідження:



* Звалище – санкціонована або несанкціонована територія, яку використовують для розміщення на ній відходів

** Полігон – обладнана територія, що забезпечує захоронення відходів без впливу на навколишнє середовище

*** Санітарний сміттєвий полігон – полігон із системою збору зва-лищного газу

Дані
What a Waste 2.0: A Global
Snapshot of Solid Waste
Management to 2050, World
Bank 2018

Наприклад, на кожного швейцарця доводиться по 700 кг відходів на рік – у два рази більше, ніж на одного українця. Проте понад половина всього сміття там йде на переробку і компостування.

Щодо країн Євросоюзу, то там переробляють та повторно використовують близько 40%.

9 липня 2023 року набув чинності Закон України «Про управління відходами» (далі – Закон). Він запускає реформу управління відходами та наближає наше законодавство до законодавства ЄС.

Згідно з ним відходи поділяються на небезпечні і такі, що не є небезпечними.

Зі вступом в дію Національного переліку відходів суб'єкти ринку проводитимуть класифікацію відходів вже за новим, аналогічним до європейського, переліком відходів (List of Waste) і відповідно до Порядку класифікації визначатимуть код з урахуванням небезпечних властивостей відходів.

Загалом новим Національним переліком передбачено 20 груп та 895 видів відходів. У новому Національному переліку як класи відходів, так і термінологія відповідають вимогам ЄС.

Основні законодавчі новації цього закону:

- зміна підходів до управління відходами на підприємствах: впровадження європейських директив і практик; право власності на відходи;

- запобігання утворенню відходів, заходи для зменшення обсягів утворення відходів харчових продуктів у роздрібних та інших торговельних мережах, закладах громадського харчування;

- зниження негативних наслідків від діяльності з управління відходами, мінімізація можливості забруднення харчових продуктів;

- сприяння підготовці відходів до повторного використання, рециклювання і відновлення з метою запобігання їхньому негативному впливу на здоров'я та навколишнє природне середовище;

- розширена відповідальність виробника: на кого вона розповсюджується [1].

Одним із важливих аспектів реформи управління відходами є затвердження порядку класифікації та Національного переліку відходів, що засновані на новому підході до класифікації відходів, що покликана спростити адміністрування потоків відходів та звітність, зміни в системі оподаткування та дозвільній системі - постанова від 20.10.2023 р. № 1102 «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів» (далі – Порядок) [2].

Цей Порядок визначає процедуру проведення класифікації відходів за видами та властивостями з метою належного управління відходами, запобігання їх негативному впливу на здоров'я людей і навколишнє природне середовище або зменшення такого впливу

У цьому Порядку терміни вживаються в такому значенні:

1) дзеркальні коди - пов'язані коди відходів одного виду, де один код визначає небезпечні відходи, а інший визначає відходи як такі, що не є небезпечними, залежно від складу відходів;

2) код відходів - позначення виду відходів, передбаченого Національним переліком відходів, що складається із шестизначного номера, до якого в разі позначення небезпечних відходів додається символ «*»; перші дві цифри коду визначають групу, до якої віднесено цей вид відходів, другі дві цифри коду - приналежність до підгрупи, до якої віднесено цей вид відходів, а останні дві цифри коду - вид відходів у межах підгрупи;

3) небезпечні властивості - сукупність небезпечних властивостей для здоров'я людей і навколишнього природного середовища, які роблять відходи небезпечними, відповідно до додатка 3 до Закону України «Про управління відходами» і т.ін.

Класифікація відходів проводиться утворювачами відходів, крім утворювачів відходів домогосподарств і суб'єктами господарювання у сфері управління відходами.

У разі коли утворювач відходів невідомий, класифікація відходів проводиться власником відходів.

Класифікація проводиться на основі:

1) відомих фактів про вміст і складові відходів, інформації про продукцію, паспорта безпеки;

2) наявності небезпечних речовин або компонентів із вмістом небезпечних речовин;

3) визначення небезпеки за кожною властивістю;

4) опису діяльності, в результаті якої утворилися відходи;

5) опису процесу, дії або процедури, в результаті яких утворилися відходи;

6) визначення кількості фракцій, з яких складаються відходи.

Класифікація відходів здійснюється шляхом призначення шестизначного коду, зазначеного в

Національному переліку відходів, із дотриманням визначеної послідовності.

Для спрощення визначення класів відходів та переходу на новий порядок класифікації Міндовкілля розробило таблицю з Орієнтовним співвідношенням кодів відходів ДК 005-96 та проєкту Національного переліку відходів

Утворювач відходів або суб'єкт господарювання у сфері управління відходами в разі наявності дзеркальних кодів для тих відходів, які можуть бути класифіковані як за кодами небезпечних відходів, так і за кодами відходів, що не є небезпечними, залежно від наявності чи відсутності небезпечних речовин у них може:

1) прийняти рішення не проводити оцінювання небезпечних властивостей відходів і класифікувати відходи за кодом, який позначений символом «*»;

2) класифікувати відходи за кодом без позначення символом «*» тільки за умови надання протоколів лабораторних досліджень, що засвідчують відсутність небезпечних властивостей

У разі коли для визначення небезпечних властивостей відходів необхідно провести відповідну оцінку, утворювачі відходів або суб'єкти господарювання у сфері управління відходами повинні визначити хімічний склад відходів; встановити наявність у відходах небезпечних хімічних речовин або стійких органічних забруднювачів; оцінити небезпечні властивості відходів та присвоїти і описати код класифікації.

У разі коли для оцінки небезпечних властивостей відходів недостатньо наявної документальної інформації, проводяться лабораторні дослідження визначення складу та властивостей відходів для висновку щодо їх класифікації.

Утворювач або суб'єкт господарювання у сфері управління відходами може тимчасово припинити лабораторні дослідження визначення складу та властивостей відходів для визначення певних небезпечних властивостей, якщо під час випробування доведено наявність у відходів однієї або кількох властивостей, наведених у додатку 1 Порядку, з урахуванням властивостей, наведених у додатках 2 і 3.

У таких випадках відходи класифікуються із кодом, позначеним символом «*».

Результати проведення класифікації відходів підлягають перегляду у разі зміни технологічних процесів виробництва.

Національний перелік відходів буде переглядатись та підлягатиме ревізії як у відповідності зі змінами в міжнародній практиці класифікації відходів, так і на підставі досвіду застосування в Україні.

Законом передбачено наступні зміни в управлінні відходами: Європейські принципи – ієрархія управління відходами, розширена відповідальність виробника, «забруднювач платить»; нова дієва дозвільна система»; децентралізація

управління відходами; багаторівневе планування та розбудова інфраструктури.

Нова дозвільна система – облік і контроль

Закон «Про управління відходами» врегулює питання дозвільної системи, визначає необхідний пакет документів для отримання дозволів, приналежність їх до відповідних реєстрів і передбачає подання електронної звітності завдяки сервісам «ЕкоСистеми». Завдяки цьому можна буде прослідкувати за процесами утворення перевезення і обробки відходів та їх кількостями.

За допомогою інформаційної системи управління відходами стає можливим взяти відходи під контроль держави та громад. Зокрема, вона дозволить вивести з тіні сферу управління відходами. Вже сьогодні розроблені перші сервіси інформаційної системи. Створено кабінет для реєстрації облікового запису, презентовано тестову версію дозволу на оброблення відходів, функціонує послуга видачі документів для транскордонного перевезення відходів.

Децентралізація – розподіл повноважень та чіткі правила співпраці

Закон також урегулює питання розділення повноважень між міністерствами, органами місцевого самоврядування та місцевими органами влади. Відтепер встановлено належне регулювання ринку відходів, прописані чіткі правила співпраці органів місцевого самоврядування, інвесторів, переробних підприємств, виробників продукції та товарів, що дозволяють надавати якісні та доступні послуги у сфері управління відходами.

Постановою Кабінету Міністрів України від 7 липня 2023 р. № 695 затверджено «Порядок здійснення контролю за виконанням інвестиційних програм у сфері управління побутовими відходами» [3], згідно з вимогами якого контроль за виконанням інвестиційних програм суб'єктів господарювання здійснюватиметься виконавчими органами сільських, селищних, міських рад».

Багаторівневе планування – Національний план, регіональні та місцеві плани

Нове законодавство передбачає рух від державного плану управління відходами аж до планів управління відходами підприємств. Плани управління відходами розробляються на національному, регіональному та місцевому рівнях, а також на рівні підприємств, організацій та установ (рис. 3).



Рис. 3. Узагальнена класифікація-ідентифікація ієрархії управління відходами

Національний, регіональні та місцеві плани управління відходами розробляються на основі даних, отриманих у результаті статистичних спостережень, адміністративних даних центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, а також даних обліку та звітності, наданих підприємствами, установами, організаціями. Проекти національного, регіональних та місцевих планів управління відходами підлягають стратегічній екологічній оцінці та після їх затвердження оприлюднюються шляхом розміщення на офіційному веб-сайті органу, що їх затверджує.

Національний план управління відходами розробляється центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері управління відходами, та затверджується Кабінетом Міністрів України.

Національний план управління відходами охоплює всю територію України, розробляється на період 10 років та підлягає перегляду кожні чотири роки з дати набрання чинності.

Основні розділи Національного плану управління відходами:

- стан сфери управління відходами, в якому зазначаються основні утворювачі відходів; основні показники управління відходами (обсяги утворення, збирання, перевезення та оброблення відходів); характеристика систем збирання відходів, включаючи роздільне збирання, стан охоплення території країни системами збирання відходів; коротка характеристика об'єктів оброблення відходів, зокрема таких, що здійснюють оброблення небезпечних відходів);

- стратегічне планування управління відходами, в якому зазначаються прогностичні показники утворення відходів та очікуваного розвитку системи управління відходами; основні цілі/завдання з розвитку системи управління відходами та цільові показники, встановлені в рамках завдань; заходи для досягнення цілей/завдань і цільових показників, у тому числі встановлення обов'язків різних установ та організацій, що будуть задіяні у здійсненні заходів; оцінка потреби у закритті існуючих та створенні нових об'єктів оброблення відходів; заходи із запобігання засміченню та очищення засмічених територій; розташування об'єктів оброблення відходів та їх планована потужність; історичні місця розміщення відходів та заходи з їх очищення, обсяги витрат і можливі джерела фінансування; індикатори оцінки виконання плану;

- інструменти реалізації плану, у тому числі економічні, оцінка їх придатності та прогностичні показники очікуваних результатів;

- моніторинг та оцінка ефективності виконання плану.

Національний план управління відходами є основою для розроблення регіональних планів управління відходами.

Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері управління відходами, на основі показників оцінки досягнення цілей та здійснення заходів один раз на два роки здійснює оцінку ефективності впровадження Національного плану управління відходами та оприлюднює її результати на своєму офіційному веб-сайті. Участь громадськості у підготовці Національного плану управління відходами забезпечується відповідно до законодавства.

Регіональні плани управління відходами розробляються для кожної області протягом року після набрання чинності Національним планом управління відходами. Регіональні плани управління відходами розробляються та затверджуються обласними державними адміністраціями. Проекти регіональних планів погоджуються із центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері управління відходами, та центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері житлово-комунального господарства. Регіональний план управління відходами охоплює всю територію відповідної області, міста Києва чи Севастополя, Автономної Республіки Крим.

Регіональні плани управління відходами розробляються на період 10 років та підлягають перегляду кожні чотири роки з дати набрання чинності та оновлюються протягом шести місяців з дня внесення змін до Національного плану управління відходами. Регіональні плани управління відходами є основою для розроблення місцевих планів управління відходами [4].

Місцеві плани управління відходами розробляються та затверджуються для кожної територіальної громади та розробляються протягом одного року з дня набрання чинності регіональним планом управління відходами у відповідній області; оновлюється протягом шести місяців з дня внесення змін до регіонального плану управління відходами.

Місцеві плани управління відходами мають узгоджуватися з регіональними планами управління відходами. Цільові показники, встановлені регіональними планами управління відходами, є обов'язковими для перенесення до місцевих планів управління відходами і можуть бути скориговані лише на підставі обґрунтування, наведеного в місцевому плані управління відходами.

Орган місцевого самоврядування на основі показників оцінки досягнення цілей та здійснення заходів один раз на два роки здійснює оцінку ефективності реалізації місцевого плану управління відходами та оприлюднює її результати на своєму офіційному веб-сайті.

Плани управління відходами підприємств, установ та організацій:

1. Утворювачі відходів, які подають декларацію про відходи відповідно до цього Закону, суб'єкти

господарювання у сфері управління відходами розробляють плани управління відходами. У планах зазначаються прогностичні показники утворення відходів, їх код та найменування, заходи, яких планується вжити для запобігання утворенню та зменшення обсягів відходів, їх належного збирання, перевезення, оброблення, виконання інших зобов'язань, визначених цим Законом.

2. Порядок розроблення планів управління відходами підприємств, установ та організацій затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища [1].

Постановою Кабінету Міністрів України від 30.06.2023 р. № 667 затверджено «Порядок розроблення та затвердження регіональних планів управління відходами». Саме вони стануть частиною Національного плану управління відходами.

На сьогоднішні обласні військові адміністрації вже розробили 15 проєктів регіональних планів управління відходами.

Регіональний план управління відходами визначає, які місця видалення відходів можна використовувати, а які мають бути рекультивовані, скільки та яких підприємств для оброблення відходів потрібно збудувати.

Щоб на заміну полігонам та звалищам була сучасна інфраструктура, потрібні інвестиції та час. Проблема накопичення відходів на звалищах наростала не одне десятиліття і зараз планується зміна підходів в управлінні відходами. Рамковий закон передбачає приведення усіх існуючих місць видалення відходів у відповідність. А ті, котрі не відповідають європейським нормам, будуть закриті.

Впровадження європейських принципів управління відходами – перші кроки до вступу в ЄС

Рамковий Закон не буде дієвим без подальшого розвитку секторального законодавства. Саме галузеві законопроекти започаткують систему розширеної відповідальності виробника, яка давно і успішно працює в Європі.

Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкіллям) розроблені проєкти Законів України «Про упаковку та відходи упаковки», «Про відходи електричного і електронного обладнання». У роботі законопроект «Про батареї і акумулятори» у відповідності з Європейськими директивами.

Найбільшу частку усіх відходів в Україні становлять відходи видобувної промисловості. Вже підготовлені два законопроекти «Про управління відходами видобувної промисловості» та «Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо екологічного податку, що справляється за захоронення відходів та розміщення відходів видобувної промисловості».

Перелік нормативно-правових актів, спрямованих на реалізацію положень рамкового Закону «Про управління відходами»:

- постанова Кабінету Міністрів України від 30 червня 2023 р. № 667 «Про затвердження Порядку розроблення та затвердження регіональних планів управління відходами»; постанова Кабінету Міністрів України від 19 червня 2023 р. № 625 «Деякі питання поводження з побутовими відходами в особливих умовах» [5]; постанова Кабінету Міністрів України 27 вересня 2022 р. «Про затвердження Порядку поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків» [6] - ухвалені; постанова Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2023 р. № 1102 «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів»; постанова Кабінету Міністрів України від 8 серпня 2023 р. № 827 «Деякі питання оголошення припинення статусу відходів»; постанова Кабінету Міністрів України від 05 грудня 2023 р. № 1278 «Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з управління небезпечними відходами»; постанова Кабінету Міністрів України від 5 вересня 2023 р. № 947 «Про затвердження Порядку розроблення, погодження та затвердження місцевих планів управління відходами»; постанова Кабінету Міністрів України від 7 листопада 2023 р. № 1166 «Про затвердження Порядку здійснення моніторингу об'єктів оброблення відходів»;

- проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання віднесення речовин або предметів до побічних продуктів»; проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Порядок створення та адміністрування інформаційної системи управління відходами»; проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження порядку подання декларації про відходи та її форми»; проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку виявлення та обліку відходів, власник яких не встановлений»; проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку видачі (відмови у видачі, анулювання) дозволу на здійснення операцій з оброблення відходів»; проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження технічних вимог до експлуатації установок зі спалювання відходів та установок із сумісного спалювання відходів»; проєкт Постанови «Про затвердження Технічного регламенту класифікації небезпечності, маркування та пакування хімічної продукції»; проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Національного плану управління відходами», який включатиме Національну програму запобігання утворенню відходів та Національну програму зменшення захоронення біовідходів; проєкт постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження порядку надання письмової згоди

(повідомлення) на транскордонне перевезення небезпечних відходів та висновку на транскордонне перевезення відходів»; проект наказу Міндовкілля «Про затвердження порядку розроблення планів управління відходами підприємств, установ та організацій»; проект наказу Міндовкілля «Про затвердження порядку державного обліку відходів та подання звітності»; проект наказу Міндовкілля «Про затвердження форми та порядку обліку відходів».

Згідно Закону України «Про управління відходами»: декларация про відходи - документ, який згідно з цим Законом подають утворювачі відходів у разі, якщо їхня діяльність призводить до утворення небезпечних відходів або річний обсяг утворення відходів, що не є небезпечними, перевищує 50 т.

Власники відходів, діяльність яких призводить до утворення небезпечних відходів, або власники відходів, що не є небезпечними, річний обсяг утворення яких перевищує 50 т, один раз на рік подають декларацію про відходи.

Подання декларації про відходи здійснюється в електронному вигляді через Єдиний державний вебпортал електронних послуг, у тому числі через інтегровані з ним інформаційні системи державних органів та органів місцевого самоврядування, інформаційну систему управління відходами [8–31].

Висновки.

Після підписання Україною Угоди про Асоціацію з Європейським союзом [7], вона взяла на себе зобов'язання адаптувати поведження з відходами, щоб звести до мінімуму шкоду для людей та навколишнього середовища від сміття. Ухвалений закон впроваджує в Україні основні положення Директиви Європейського парламенту та Ради щодо відходів [8].

Закон України «Про управління відходами» наближає наше законодавство до законодавства ЄС, а також запускає реформу управління відходами.

Таким чином, Закон регулює відносини, пов'язані із запобіганням утворенню відходів; управлінням відходами, що утворюються в Україні, а також з управлінням відходами, що перевозяться через територію України, вивозяться за її межі та ввозяться в Україну з метою відновлення, у тому числі рециклінгу.

Закон направлено на удосконалення системи управління відходами, забезпечення законодавчого та нормативно-правового регулювання відносин у сфері управління відходами з урахуванням вимог директив Європейського Союзу, поліпшення стану навколишнього природного середовища та досягнення цілей сталого розвитку.

Зокрема, розширена відповідальність виробника встановлюється законом щодо виробників продукції, у результаті споживання/використання якої утворюються відходи упаковки, електричного та електронного обладнання, батарей і акумуляторів, транспортних засобів, знятих з експлуатації, мастил (олив), шин, текстилю тощо, та запроваджується, у

тому числі шляхом створення систем розширеної відповідальності виробника відповідно до вимог та порядку, визначених законом.

Закон встановлює порядок збирання, вивезення та обробку відходів у містах, впроваджує вимоги до якості послуг з управління відходами та адміністративну відповідальність за порушення у цій сфері.

Таким чином, рамковий закон «Про управління відходами» імплементує в наше законодавство базові принципи управління відходами в контексті євроінтеграційного руху України, але не може вирішити всіх нагальних питань.

Список літератури

1. Закон України №2320-IX від 09.07.2023 р. «Про управління відходами»
2. Постанова Кабінету Міністрів України № 1102 від 20.10.2023 р. «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів»
3. Постановою Кабінету Міністрів України № 695 від 07.07.2023 р. затверджено «Порядок здійснення контролю за виконанням інвестиційних програм у сфері управління побутовими відходами».
4. Постанова Кабінету Міністрів України № 667 від 30 червня 2023 р. «Про затвердження Порядку розроблення та затвердження регіональних планів управління відходами»
5. Постанова Кабінету Міністрів України № 625 від 19 червня 2023 р. «Деякі питання поведження з побутовими відходами в особливих умовах»
6. Постанова Кабінету Міністрів України №1073 «Про затвердження Порядку поведження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків»
7. Угода про Асоціацію між Україною з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони та ЄС від 16 вересня 2017 р.
8. Директива Європейського Парламенту і Ради 2008/98/ЄС від 19.11.2008 р. «Про відходи»
9. Рамкова Директива ЄПіР 2008/98/ЄС від 19.11.2008 р. «Про відходи та скасування окремих Директив»
10. Рамкова Директива ЄПіР 1999/31/ЄС від 26.04.1999 р. «Про захоронення відходів» із змінами і доповненнями, внесеними Регламентом (ЄС) 1882/2003»
11. Директива ЄПіР 2006/21/ЄС від 15.03.2006 р. «Про управління відходами видобувних підприємств та внесення змін і доповнень до Директиви 2004/35/ЄС»
12. Директива ЄПіР 94/62/ЄС від 20.12.1994 р. «Про упаковку та відходи упаковки»
13. Директива ЄПіР 2012/19/ЄС від 4.07.2012 р. «Про відходи електричного та електронного обладнання»
14. Директива ЄПіР 2006/66/ЄС Про батареї та акумулятори та відходи батарейок й акумуляторів, що містять певні небезпечні речовини»
15. Директива ЄПіР 2000/53/ЄС Ппро транспортні засоби, термін експлуатації яких закінчився».
16. Бухало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання): Підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.

17. Tovazhnyansky L.L., Meshalkin V.P., Kapustenko P.O., Buhkalo S.I. Energy efficiency of complex technologies of phosphogypsum conversion. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. Vol. 47, No. 3, (2013), pp. 225–230.
18. Товажнянський, Л.Л., Капустенко, П.А., Бухкало, С.И., Перевертайленко, А.Ю., Арсеньєва, О.П. Эффективные компоненты теплообменных систем для процессов конверсии техногенных отходов. *Вісник НТУ «ХП»*, – Х.: НТУ «ХП». 2011, №21, – с. 3–12.
19. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.И., Денисова А.С., Демідов І.М., Капустенко П.О., Арсеньєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах: інноваційні заходи. (підручник з грифом МОН України, 2-ге видання, перероблене), Київ: Центр учбової літератури. 2016, – 470 с.
20. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.И., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах та задачах. Підручник з грифом МОНУ: – Київ: Центр учбової літератури, 2011, – 832 с.
21. Бухкало, С. І. (2014). Деякі аспекти екологічної безпеки полімерної тари та пакування харчової промисловості. *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*, №45 (3), – с. 76–79.
22. Бухкало С.И. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов / С.И. Бухкало, С.Е. Гардер, О.Ю. Химич и др. // *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП». 2012. №10. – с. 7–78.
23. Бухкало С.И., Сериков А.В., Ольховская О.И. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А. В. Сериков, О.И. Ольховская и др.// *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП». 2012, № 10. – с. 160–166.
24. Бухкало С.И., Гардер С.Е., Ольховская О.И. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП». 2012. № 10. – с. 72–80.
25. Бухкало С.И. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов. *Інтегровані технології та енергозбереження*. Харків. НТУ «ХП», 2001, № 2, с. 106–112.
26. Бухкало С.И., Іглін С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів. *Інтегровані технології та енергозбереження*. Х.: НТУ «ХП», 2016. № 3. С. 52–57.
27. Бухкало С.И. и др. Математическое моделирование как инструмент модификации отходов полимеров. *Вісник НТУ «ХП»*. 2010. Вип. 32. С. 52–59.
28. Бухкало С.И. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки. *Інтегровані технології та енергозбереження*. Х.: НТУ «ХП», 2005, № 2. С. 29–33.
29. Бухкало С.И. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. *Вісник НТУ «ХП»*. Х.: НТУ «ХП». 2014. № 16. С. 3–11.
30. Бухкало С.И. Синергетичні процеси утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ. *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП». 2017. – № 41 (1263). С. 17–27.
31. Бухкало С.И., Ольховська О.І., Іглін С.П., Зіпунніков М.М. Можливості розвитку компетентностей комплексних екологічнобезпечних проектів утилізації-модифікації. *Вісник НТУ «ХП»*. Х.: НТУ «ХП». 2018. № 18 (1294). С. 3–11.

References (transliterated)

1. Закон України №2320-ІН від 09.07.2023 р. «Про управління відходами»
2. Постанова Кабінету Міністрів України № 1102 від 20.10.2023 р. «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів»
3. Постановою Кабінету Міністрів України № 695 від 07.07.2023 р. затверджено «Порядок здійснення контролю за виконанням інвестиційних програм у сфері управління побутовими відходами»,
4. Постанова Кабінету Міністрів України № 667 від 30 червня 2023 р. «Про затвердження Порядку розроблення та затвердження регіональних планів управління відходами»
5. Постанова Кабінету Міністрів України № 625 від 19 червня 2023 р. «Деякі питання поводження з побутовими відходами в особливих умовах»
6. Постанова Кабінету Міністрів України №1073 «Про затвердження Порядку поводження з відходами, швидко утворилися у зв'язку з пошкодженнями (руйнуваннями) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведення робіт з ліквідації їх наслідків»
7. Угода про Асоціацію між Україною з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і іншими державами-членами, з іншої сторони та ЄС від 16 вересня 2017 р.
8. Директива Європейського Парламенту і Ради 2008/98/ЄС від 19.11.2008 р. «Про відходи»
9. Рамкова Директива ЄПіР 2008/98/ЄС від 19.11.2008 р. «Про відходи та скасування окремих Директив»
10. Рамкова Директива ЄПіР 1999/31/ЄС від 26.04.1999 р. «Про заборону відходів» із змінами і доповненнями, внесеними Регламентом (ЄС) 1882/2003»
11. Директива ЄПіР 2006/21/ЄС від 15.03.2006 р. «Про управління відходами відобувних підприємств та внесення змін і доповнень до Директиви 2004/35/ЄС»
12. Директива ЄПіР 94/62/ЄС від 20.12.1994 р. «Про упаківку та відходи упаківки»
13. Директива ЄПіР 2012/19/ЄС від 4.07.2012 р. «Про відходи електричного та електронного обладнання»
14. Директива ЄПіР 2006/66/ЄС Про батарежки та акумулятори та відходи батарежок і акумуляторів, швидко містять певні небезпечні речовини»
15. Директива ЄПіР 2000/53/ЄС Про транспортні засоби, термін експлуатації яких закінчується».
16. Бухкало С.И. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання): Підручник. – К.: ТSNL, 2014. – 412 p.
17. Tovazhnyansky L.L., Meshalkin V.P., Kapustenko P.O., Buhkalo S.I. Energy efficiency of complex technologies of phosphogypsum conversion. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. Vol. 47, No. 3, (2013), pp. 225–230.
18. Tovazhnyanskij, L.L., Kapustenko, P.A., Buhkalo, S.I., Perevertajlenko, A.Ju., Arsen'eva, O.P. Jeffektivnye komponenty teploobmennyh sistem dlja processov konversii tehnogennyh othodov. *Visnik NTU «KhPI»*, – Kh.: NTU «KhPI». 2011, №21, pp. 3–12.
19. Tovazhnyanskij L.L., Buhkalo S.I., Denisova A.S., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. Zagal'na tehnologija harchovoї

- promislovosti u prikladah i zadachah: innovacijni zahodi. (pidruchnik z grifom MON Ukraïni, 2-ge vidannja, pereroblene), Kiïv: Centr uchbovoi literaturi. 2016, 470 s.
20. Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. ta in.. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah ta zadachah. Pidruchnik z grifom MONU: – Kiïv: Centr uchbovoi literaturi, 2011, – 832 s.
 21. Bukhhalo, S. I. (2014). Dejaki aspekti ekologichnoï bezpeki polimernoï tari ta pakuvannja harchovoï promislovosti. Naukovi praci [Odes'koï nacional'noï akademii harchovih tehnologij], №45 (3), pp. 76–79.
 22. Bukhhalo S.I. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predpriyatij po pererobotke othodov / S.I. Bukhhalo, S.E. Garder, O.Ju. Himich i dr. // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. №10. pp. 7–78.
 23. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak kompleksne innovacionnyh proektov / S.I. Bukhhalo, A. V. Serikov, O.I. Ol'hovskaja i dr.// Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012, № 10. pp. 160–166.
 24. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezenija na kompleksnyh predpriyatijah po pererobotke othodov // Visnik KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. № 10. pp. 72–80.
 25. Bukhhalo S.I. Resursosberegajushhie tehnologii ispol'zovanija polimernyh othodov. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. Kharkiv. NTU «KhPI», 2001, № 2, pp. 106–112.
 26. Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnih zmin pri ekspluatacii polimernih virobiv. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. Kh.: NTU «KhPI», 2016. № 3, pp. 52–57.
 27. Bukhhalo S.I. i dr. Matematicheskoe modelirovanie kak instrument modifikacii othodov polimerov. Visnik NTU «KhPI». 2010. Vip. 32, pp. 52–59.
 28. Bukhhalo S.I. K vo-prosu jenergosberezenija processa aglomerirovanija polimernoj upakovki. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. Kh.: NTU «KhPI», 2005, № 2, pp. 29–33.
 29. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvanija metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014. № 16, pp. 3–11.
 30. Bukhhalo S.I. Sinergetichni procesi utilizacii-modifikacii polimernoï chastki TPV. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2017. – № 41 (1263), pp. 17–27.
 31. Bukhhalo S.I., Ol'hov'ska O.I., Iglin S.P., Zipunnikov M.M. Mozhlivosti rozvitku kompetentnostej kompleksnih ekologichnobepechnih proektiv utilizacii-modifikacii. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2018. № 18 (1294), pp. 3–11.

Надійшла (received) 20.09.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Брусенцева Тетяна Володимирівна (Брусенцева Татьяна Владимировна, Brusentseva Tetiana Volodimirivna) – начальник відділу екологічних досліджень, охорони навколишнього середовища і промислової санітарії, філія Український науково-дослідний інститут природних газів «УкрНДІГаз» АТ «Укргазвидобування»; м. Харків, Україна;

e-mail: tattjana@ukr.net

Корольова Наталія Сергіївна (Корольова Наталья Сергеевна, Korolova Natalia Sergiivna) – науковий співробітник відділу екологічних досліджень, охорони навколишнього середовища і промислової санітарії, філія Український науково-дослідний інститут природних газів «УкрНДІГаз» АТ «Укргазвидобування», м. Харків, Україна;

e-mail: natalakoroleva11@gmail.com

Німець Наталія Миколаївна (Немец Наталья Николаевна, Nimets Natalia Mikolaivna) – канд. техн. наук, менеджер зі сталого розвитку Акціонерного Товариства «Укргазвидобування», м. Київ, Україна;

e-mail: ecolog.2601@gmail.com

Цапко Наталія Сергіївна (Цапко Наталья Сергеевна, Tsapko Nataliia Sergiivna) – канд. техн. наук, доц., завідувача лабораторією еколого-токсикологічних досліджень антропогенного впливу на компоненти довкілля та нормування екологічно безпечного природокористування, науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»; м. Харків;

e-mail: tsapkonatali@gmail.com

А. Є. ДЕНИСОВА, П. О. ІВАНОВ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В ГРУНТОВІЙ ТЕПЛОНАСОСНІЙ СИСТЕМІ

В роботі виконано аналітичне дослідження ефективності роботи теплових насосів з використанням енергії ґрунту для систем теплопостачання з урахуванням кліматичних умов регіону експлуатації, що відповідає завданням енергозбереження і дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. Основна увага приділяється підвищенню ефективності утилізації технічного потенціалу ґрунтового джерела енергії теплонасосною системою з використанням вертикальних ґрунтових теплообмінників. Запропоновано методику, яка базується на використанні апарату математичного моделювання як науково обґрунтованого інструментарію розрахунку нестационарних теплових процесів, здатного забезпечити стабільність і надійність роботи ґрунтової теплонасосної системи у короткостроковій і довгостроковій перспективі. Розроблений інструментарій розрахунку та аналізу процесів теплообміну дозволяє визначати потужність теплового потоку, що відводиться від ґрунту, з урахуванням зміни кліматичних факторів, розподілу температур у ґрунті навколо ґрунтової трубки і по її довжині протягом часу, схемно-конструктивних особливостей ґрунтових трубок для подальшої оптимізації параметрів теплонасосної системи. Встановлено, що потужність теплового потоку, який поступає до випарника теплового насоса від вертикальних ґрунтових трубок, залежить від ряду впливових факторів: режиму течії робочого тіла, що циркулює в ґрунтовому контурі; фізичних властивостей робочого тіла; кількості ґрунтових теплообмінників; розподілу температур в ґрунті навколо ґрунтової трубки по всій її довжині, що суттєво змінюється при довготривалій експлуатації системи, впливаючи на перебіг процесів теплообміну в елементах системи. Запропонована методика дозволяє виконувати числове моделювання теплових процесів в елементах теплового насоса, визначати енергетичну ефективність ґрунтової теплонасосної системи, яка здатна надійно забезпечувати споживачів теплою протягом довготривалого періоду роботи.

Ключові слова: ефективність, тепловий насос, нестационарні теплові процеси, поле температур, ґрунтові трубки, технічний потенціал енергії ґрунту.

A. E. DENYSOVA, P. O. IVANOV

MATHEMATICAL MODELING OF NON-STATIONARY HEAT PROCESSES IN THE GROUND HEAT PUMP SYSTEM

In the work, an analytical study of the efficiency of heat pumps using soil energy for heating, taking into account the climatic conditions of the region of operation, is performed, which meets the tasks of energy saving and allows reducing emissions of harmful substances into the environment. The main attention is paid to increasing the efficiency of utilization of the technical potential of the soil energy source by the heat pump system using vertical soil heat exchangers. A methodology based on use of the mathematical modeling apparatus as a scientifically based toolkit for calculating non-stationary thermal processes, capable of ensuring the stability and reliability of the ground heat pump system in the short and long term, is proposed. The developed toolkit for calculation and analysis of heat exchange processes allows determining the power of the heat flow, which is removed from the soil, taking into account changes in climatic factors, temperature distribution in the soil around the soil tube and along its length over time, schematic and structural features of the soil tubes for further optimization of the parameters of the heat pump system. It was established that the power of the heat flow, which enters the evaporator of the heat pump from vertical soil pipes, depends on a number of influencing factors: the flow regime of the working fluid circulating in the soil circuit; physical properties of the working body; number of soil heat exchangers; temperature distribution in the soil around the soil tube along its entire length, which changes significantly during long-term operation of the system, affecting the course of heat exchange processes in the system elements. The proposed method makes it possible to perform numerical modeling of thermal processes in the elements of the heat pump, to determine the energy efficiency of the ground heat pump system, which is able to reliably provide consumers with heat during a long period of operation, which can be considered an innovative approach to the analysis of prospects for the development of heat pump heat supply.

Key words: efficiency, heat pump, non-stationary thermal processes, temperature field, soil pipes, technical potential of soil energy.

Вступ.

Технології ґрунтових теплонасосних систем (ГТНС), які використовують ґрунтові природні ресурси, успішно працюють у всьому світі [1]. Ці системи використовують теплоту, що міститься на відносно невеликій глибині. Ґрунтові ресурси тепліші взимку і холодніші влітку, ніж зовнішнє повітря. Таким чином, ГТНС здатні забезпечити опалення взимку та охолодження влітку. Це децентралізовані системи теплопостачання, які мають ґрунтові теплообмінники (ГТО), які з'єднані з ґрунтовою поверхнею і забезпечують генерацію теплоти, холоду та гарячої води. ГТНС застосовуються в будівлях усіх видів, типів, розмірів і кількості у всьому світі, для будинків, шкіл, заводів, громадські та господарських споруди. Вказана технологія є одним із найшвидше зростаючих застосувань технологій відновлюваної енергії в усьому світі та, безперечно, є найшвидше зростаючим сегментом геотермальних

технологій. Ефективність роботи ґрунтової системи з застосуванням теплонасосного (ТН) циклу оцінюється коефіцієнтом перетворення ґрунтової енергії, для якого існує граничне значення, яке свідчить про ефективність використання енергії ґрунту для ТН [2].

Світову динаміку зростання у ГВт·рік встановленої потужності ГТНС наведено графіками (рис. 1, 2).

Темпи зростання встановленої потужності ГТНС мають експоненціальний характер. Протягом 1995 – 2010 рр. цей показник становив 19,4%, протягом 2010 – 2020 рр. – 8,5 % (рис. 1). Річні темпи зростання обсягів теплоти (рис. 2) у ПДж/рік від ГТНС протягом 1995 – 2010 рр. становили 17,4%, з 2010 по 2020 рр. – 11,0% [3].

© Денисова А.Є., Іванов П.О., 2023

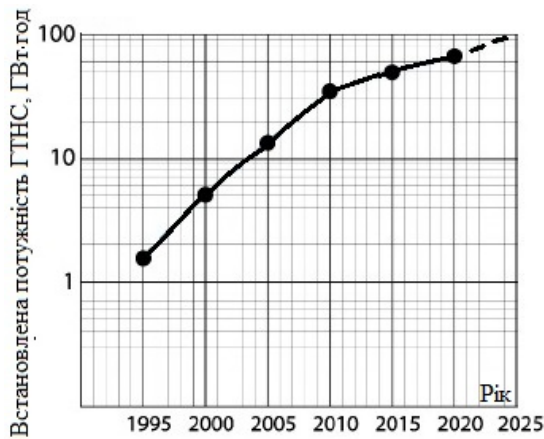


Рис. 1. Темпи глобального розвитку встановленої потужності ГТНС

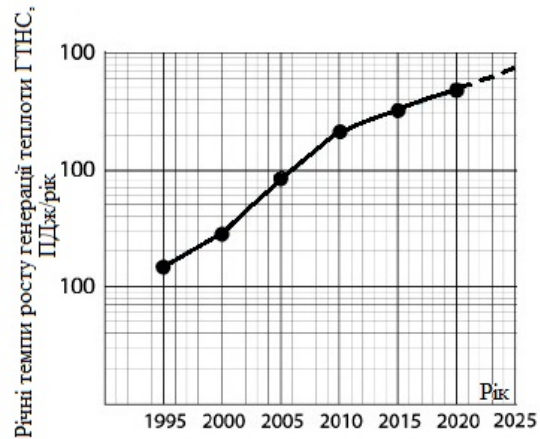


Рис. 2. Річні темпи росту генерації теплоти

Слід зауважити, що ГТНС у всьому світі є ефективними технологіями для утилізації енергії ґрунту. Відсоток використання ґрунтової і геотермальної енергії від усіх інших технологій (централізованого опалення приміщень, теплиць, ставків, басейнів і промислового використання) виявився менш значимим у 1995 р. – 13 %, хоча у 2020 р. збільшився до 59% (рис. 3) [4].

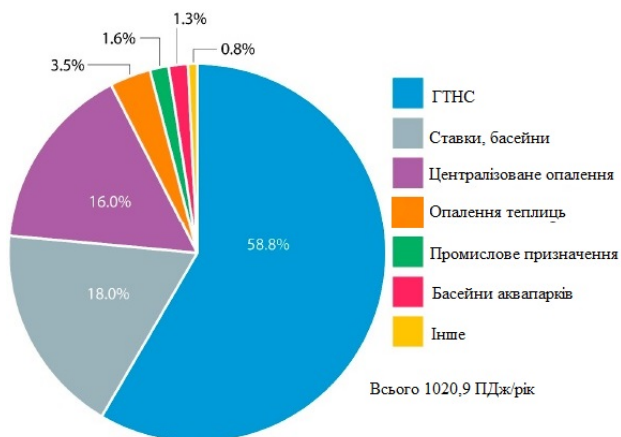


Рис. 3. Глобальне використання ґрунтової та геотермальної енергії у 2020 році

Аналіз стану питання. При використанні ГТНС мають бути враховані три виміри стійкості системи: екологічний, економічний і соціальний. Стійкість є метою багатьох областей науки і техніки. В нашому випадку термін стійкість ГТНС характеризує здатність системи задовольняти потреби споживачів без шкоди для навколишнього середовища, витримуючи зміни параметрів довкілля. Три виміри стійкості ГТНС, безумовно, важливі, але коли йдеться про використання ресурсів, постає питання про те, як довго вони можуть використовуватись. По відношенню до ґрунтових ресурсів, а особливо при використанні геотермальної енергії, сталість означає здатність системи підтримувати рівень виробництва енергії тривалий період. На відміну від мінеральних

ресурсів, які не відновлюються, геотермальні ресурси відновлюються як біомаса.

При цьому, надійна і стабільна робота системи є ключовою вимогою споживачів і вимагає науково обґрунтованих знань. Незважаючи, що світові розробки ключових засад стабільності виробництва ГТНС, існують, але необхідна впевненість в надійності роботи системи на основі теоретичних і експериментальних досліджень з урахуванням регіонального технічного потенціалу джерела енергії, з метою удосконалення стабільності і надійності постачання теплоти протягом тривалих періодів часу. Вказане необхідно для розвитку ринку впровадження ГТНС в Україні та світі.

Слід зауважити, що для опалення, гарячого водопостачання і кондиціонування житлових та громадських будівель нині використовується більше 40% видобувного викопного палива (нафта, газ, кам'яне вугілля), спалювання якого завдає суттєвої шкоди навколишньому середовищу, спричиняючи зміни клімату. Технічний потенціал ґрунтової енергії є альтернативою використання викопних палив. У зрівнянні з традиційними джерелами енергії очевидними є наступні переваги використання геотермальних ресурсів: невичерпність, регіональна доступність, близькість до споживача, можливість забезпечення споживача теплотою та електрикою, мала чисельність персоналу для видобутку геотермальної енергії, техніко-економічна доцільність, можливість будівництва установок малої потужності та екологічність.

У нашому дослідженні необхідним є використання методів математичного моделювання для розробки науково обґрунтованого інструментарію забезпечення надійної роботи ГТНС у короткостроковій і довгостроковій перспективі.

Використання математичних моделей дозволяє вести дослідження теплових процесів при незрівнянно менших витратах часу, ніж натурні випробування на реальному устаткуванні чи фізичних моделях.

Мета. Розробка математичної моделі нестационарних теплових процесів для підвищення надійності роботи теплонасосних систем з використанням енергії ґрунту у короткостроковій і довгостроковій перспективі

Метод дослідження. Перспективним шляхом підвищення ефективності роботи ГТНС є використання інструментарію математичного моделювання нестационарних процесів в ґрунтовому контурі теплового насосу, що дозволяє науково-обґрунтовано підходити до вибору шляхів та методів

удосконалення теплонасосної системи з утилізацією енергії ґрунту для цілей теплопостачання.

Схема ґрунтового контуру ГТНС з ґрунтовими вертикальними теплообмінниками коаксіального типу наведено на рис. 4, а, б). Нагріте в ГТ робоче тіло піднімається на ґрунтову поверхню і поступає в випарник ТН. При цьому, перебіг теплових процесів здійснюється найбільш ефективно в шарах ґрунту, які наближені до ґрунтових трубок (ГТ), а зі збільшенням відстані від ГТ інтенсивність процесів теплообміну зменшується.

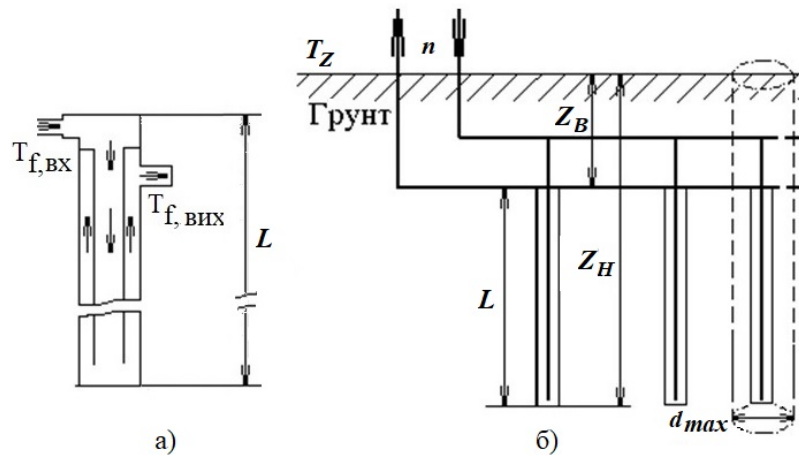


Рис. 4. Схема ґрунтових теплообмінників ГТНС:
а – схема потоків робочого тіла ГТ; б – конфігурація системи з вертикальними ГТ

Для теплових процесів в ГС, де теплофізичні параметри суттєво змінюються у просторі та часі, для встановлення залежності між змінними величинами звертаються до методів математичної фізики, які відрізняються тим, що обмеженню підлягає просторово-часовий інтервал, в якому розглядається елементарний об'єм, де відбувається теплообмін [2]. Це дає можливість у межах обраного об'єму та елементарного відрізка часу знехтувати зміною деяких параметрів, які характеризують процес теплообміну [5, 6].

Оскільки процес теплообміну в ГТНС має нестационарний характер, задачею моделювання є визначення поля температур у ґрунті протягом часу роботи системи та рішення рівняння нестационарної теплопровідності [7]. Для рішення рівняння нестационарної теплопровідності в ґрунті розглянемо процес теплообміну, що відбувається на зовнішній границі циліндричної поверхні елементарного об'єму ґрунту навколо ГТ, з урахуванням крайових умов.

Для однорідного твердого тіла з постійними фізичними параметрами, без внутрішніх джерел теплоти, що характерно для нашого випадку, справедливим є диференціальне рівняння Фур'є, яке дозволяє визначити розподілення температур в довільній точці тіла при усталеному процесі в циліндричних координатах [8]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right], \quad (1)$$

де a – коефіцієнт температуропровідності, m^2/s .

Оскільки розподіл температур в ґрунті в початковий момент $t_0 = 0$ залежить від глибини ґрунту z , початкові граничні умови становлять:

$$T(r, z, t) = T_0(z). \quad (2)$$

Для поверхні теплообміну елементарного об'єму ґрунту 1, який обмежений циліндричною поверхнею навколо ГТ 2 позначено (рис. 5), де: z_B, z_H – глибина верхнього та нижнього торців циліндру; r_{max} – зовнішній радіус циліндру; r_0 – внутрішній радіус циліндру на границі з ГТ.

Граничні умови, що відносяться до верхнього та нижнього торців циліндричного об'єму ґрунту, відповідають граничним умовам першого роду або задачі Діріхле, рішення якої дозволяє знайти температуру всередині тіла в довільний момент часу за відомим розподіленням температур на його поверхні.

Припускаючи, що нижній торець елементарного циліндру на глибині $z = z_H$, по відношенню до розподілення температур всередині виділеного циліндру протягом певного часу є ізотермічною поверхнею, то ГТ на нього не здійснює суттєвого впливу.

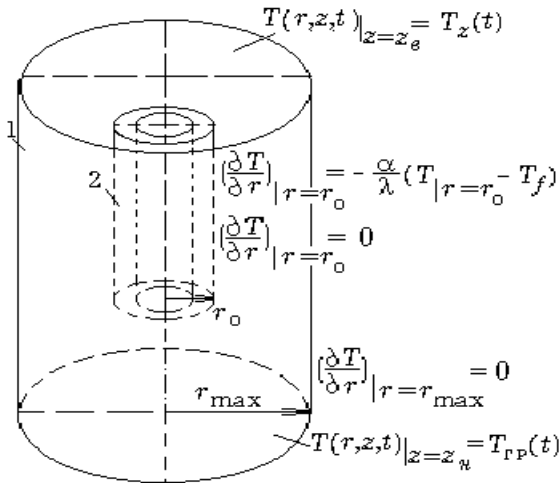


Рис. 5. Елементарний об'єм ґрунту навколо ГТ
1 – об'єм ґрунту; 2 – ґрунтова трубка

Тоді гранична умова першого роду при температурі $T_H(t)$ нижнього торця ґрунту, яку можна визначити в початковий момент для $0 \leq r \leq r_{max}$ за формулою:

$$T(r, z, t)|_{z=z_H} = T_H(t). \quad (3)$$

Верхній торець циліндру навколо ГТ, який міститься на поверхні ґрунту ($z = z_B$), є ізотермічною поверхнею. Його температура відповідає температурі навколишнього повітря, яка, в свою чергу, визначається кліматичними умовами регіону. Гранична умова першого роду для температури на верхній горизонтальній поверхні для $0 \leq r \leq r_{max}$ буде:

$$T(r, z, t)|_{z=z_B} = T_z(t). \quad (4)$$

На поле температур внутрішньої бокової поверхні циліндру ґрунту вздовж вертикальної осі, здійснює вплив ГТ. Зовнішня і внутрішня поверхні трубки є коаксіальними відносно одна одній та містяться всередині елементарного циліндру ґрунту. Крім того, зовнішню поверхню ГТ будемо вважати адіабатичною. Тоді в довільний момент часу у кожній точці поверхні ГТ, що знаходиться по нормалі до її поверхні, густина теплового потоку та похідна температури дорівнюють нулю.

Гранична умова щодо температури бокової поверхні ГТ відповідає другій крайовій задачі (задачі Неймана), що є граничною умовою другого роду за умови $z_B \leq z \leq z_H$:

$$\frac{\partial T}{\partial r} |_{r=r_{max}} = 0. \quad (5)$$

Гранична умова для внутрішньої бокової поверхні елементарного ґрунтового циліндру на границі системи “теплоносій-ґрунт” буде

змінюватись в залежності від наявності чи відсутності відбору тепла від ґрунту.

В першому випадку (при наявності відбору теплоти від ґрунту), тепловий потік від ґрунту з температурою $T|_{r=r_0}$ передається теплоносію, що циркулює в ГТ, температура якого T_f . З урахуванням закону збереження енергії потік теплоти, що підводиться до системи теплопровідністю, дорівнює потоку теплоти, що відводиться від системи конвекцією [7, 8]. В цьому випадку теплообмін між поверхнею твердого тіла та рідиною описується рівнянням Ньютона–Ріхмана, а теплообмін на боковій границі ґрунту відбувається шляхом теплопровідності та описується рівнянням Фур'є [8, 9]. Гранична умова для внутрішньої бокової поверхні елементарного об'єму ґрунту на границі з ГТ, в якій рухається теплоносій, є граничною умовою третього роду, що враховує рівність потоків тепла на границі системи “теплоносій-ґрунт”.

Граничну умову третього роду, для першого випадку, можна записати для $z_B \leq z \leq z_H$ так:

$$\frac{\partial T}{\partial r} |_{r=r_0} = -\frac{\alpha}{\lambda} [T|_{r=r_0} - T_f], \quad (6)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К).

Другий випадок (відбір теплоти від ґрунту відсутній) спостерігається, коли циркуляція теплоносія в трубках ГТ відсутня, тобто досягнута теплова рівновага між ГТ та ґрунтом. Як наслідок внутрішня бокова поверхня елементарного об'єму ґрунту на границі системи “теплоносій-ґрунт” є адіабатичною, а потік теплоти, що відводиться від вказаної поверхні, дорівнює нулю.

Гранична умова в цьому випадку відповідає другому роду, що при $z_B \leq z \leq z_H$ набуває вигляд:

$$\frac{\partial T}{\partial r} |_{r=r_0} = 0. \quad (7)$$

В безпосередньому наближенні до ГТ процес теплообміну характеризується найбільшою інтенсивністю, а зі збільшенням відстані від ГТ вздовж радіуса r елементарного циліндру навколо ґрунтової трубки його інтенсивність зменшується.

Представимо елементарний крок dx вздовж радіуса елементарного циліндра ґрунту навколо ГТ (при $r > r_0$), що співпадає з напрямком вздовж осі x в логарифмічному вигляді, бо логарифмічна форма є зручною для подальших обчислень:

$$x = \ln r, \quad (8)$$

звідки одержимо:

$$dx = dr / r. \quad (9)$$

Якщо координату r_0 на внутрішній поверхні елементарного циліндру замінити координатою x_0 , а координату r_{max} на зовнішній його поверхні замінити координатою x_{max} , то з урахуванням (9) одержимо:

$$x_{max} - x_0 = \int_{r_0}^{r_{max}} \left(\frac{dr}{r}\right) = \ln(r_{max} - r_0) \quad (10)$$

З урахуванням співвідношень (7) та (10), після перетворень диференційного рівняння (1), одержимо диференційне рівняння нестационарної теплопровідності в ґрунті для інтервалу $x_0 \leq x \leq x_{max}$, яке можна використовувати для визначення поля температур в елементарному об'ємі ґрунту навколо ГТ чисельними методами.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{a}{r^2} \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right] + a \left[\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right]. \quad (11)$$

Слід зауважити, що при логарифмічній формі представлення радіуса циліндра r , гранична умова другого роду, яка представлена рівнянням (5), декілька зміниться, а граничні умови, що представлені рівняннями (2 – 4), не зміняться.

Гранична умова другого роду (5), з урахуванням рівняння (9), на зовнішній вертикальній боковій поверхні циліндру ґрунту навколо ГТ для глибини, яка змінюється у межах $z_B \leq z \leq z_H$, набуває вигляд:

$$\frac{1}{r_{max}} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_{max}} = \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_{max}} = 0 \quad (12)$$

Аналогічно, гранична умова третього роду (6) на вертикальній внутрішній боковій поверхні елементарного циліндру на границі системи “ґрунт-теплоносій” в інтервалі $z_B \leq z \leq z_H$, набуває вигляд:

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_0} = -\frac{\alpha \cdot r_0}{\lambda} [T \Big|_{x=x_0} - T_f]. \quad (13)$$

Гранична умова з урахуванням формули (7) для інтервалу $z_B \leq z \leq z_H$ буде:

$$\frac{1}{r_0} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_0} = \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_0} = 0. \quad (14)$$

Оскільки задачі теплопровідності вирішити аналітично не вдається, їх вирішують числовими методами [7 – 9].

Результати досліджень.

Одним з найбільш ефективних числових методів рішення задач теплопровідності є метод кінцевих різниць або метод сітки [8]. При використанні методу кінцевих різниць в елементарному циліндричному об'ємі ґрунту представляється у вигляді сітки з розмірами комірок Δx , Δy , Δz .

Виконаємо апроксимацію частинних похідних, що входять до диференційного рівняння теплопровідності (11) та граничних умов (2 – 4),

кінцевими різницями, записаними для точок, що знаходяться в вузлах сітки, з урахуванням рівнянь (12 – 14), де поточне значення координати представлено в логарифмічному вигляді.

Диференційне рівняння теплопровідності у формі кінцевих різниць, що пов'язує значення шуканої функції температури, представлена у дискретній формі, з координатами вузлів просторово-часової сітки (рис. 6), дозволяє вирішити задачу нестационарної теплопровідності в елементарному циліндричному об'ємі ґрунту навколо ґрунтової трубки.

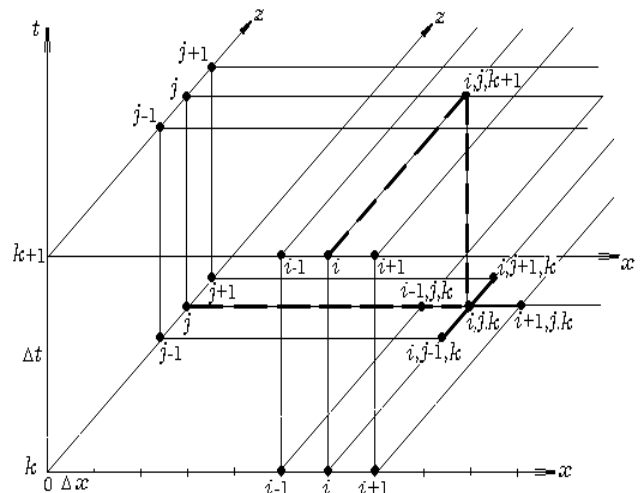


Рис. 6. Елементарний об'єм ґрунту у вигляді просторово-часової сітки

З урахуванням рівняння (10) крок сітки Δx_i відповідає Δr_i , а дискретні змінні величини $r(i)$ та $x(i)$ взаємозалежні. Відстань до внутрішньої границі циліндру ґрунту навколо ГТ вздовж координатної осі x_0 (відповідає r_0), а також до зовнішньої границі циліндру x_{max} (відповідає r_{max}) можна визначити за рівнянням (10).

Постійний крок Δx між вузлами просторово-часової сітки при кількості вузлів n на осі x :

$$\Delta x = \frac{\ln(r_{max}/r_0)}{n-1}. \quad (15)$$

Поточна відстань між внутрішньою та зовнішньою границями становить:

$$x(i) - x_0 = \ln \left[\frac{r(i)}{r_0} \right]. \quad (16)$$

Змінну $r(i)$ в функції x можна представити залежністю:

$$r(i) = r_0 \cdot \exp[x(i) - x_0]. \quad (17)$$

При цьому:

$$x(i) - x - (i - 1) \cdot \Delta x. \quad (18)$$

Для довільного вузла просторово-часової сітки з координатами (i, j) , з урахуванням логарифмічної трансформації осі, для довільного моменту часу t , що в сітці відповідає вузлу з координатою $(k+1)$, рівняння буде мати вигляд:

$$\frac{T_{i,j}^{k+1} - T_{i,j}^k}{\Delta t} = \frac{\alpha}{r(i)^2} \left(\frac{T_{i,j-1}^k - 2T_{i,j}^k + T_{i,j+1}^k}{\Delta x^2} \right) + \alpha \left(\frac{T_{i-1,j}^k - 2T_{i,j}^k + T_{i+1,j}^k}{\Delta z^2} \right). \quad (19)$$

Звідки температура $T_{i,j}^{k+1}$ (20) в поточний момент часу $(k+1)$ у вузлі (i, j) в функції температури в попередній момент часу (k) у вузлах сітки з відповідними координатами:

$$T_{i,j}^{k+1} = \alpha \Delta t \left[\frac{1}{\Delta x^2} \frac{1}{r(i)^2} (T_{i,j-1}^k + T_{i,j+1}^k - 2T_{i,j}^k) + \frac{1}{\Delta z^2} (T_{i-1,j}^k + T_{i+1,j}^k - 2T_{i,j}^k) \right] + T_{i,j}^k$$

Граничні температури на торцях елементарного циліндру ґрунту при $i = 1, \dots, n$:

$$T_{i,j}^{k+1} = T_{Tz}. \quad (21)$$

Гранична умова для відстані z між початком проекції координатної осі у вузлі $j=1$, що лежить на нижній горизонтальній торцевій поверхні, та її кінцем в вузлі сітки $j = m$, для $j = 1, \dots, m$:

$$z = \Delta z(m - j). \quad (22)$$

Гранична умова для температури T_z (рис. 5) на верхньому горизонтальному ізотермічному торці елементарного циліндру ґрунту має вигляд:

$$T_{i,m}^{k+1} = T_z. \quad (23)$$

Перейдемо до представлення функції температури у відповідних вузлах сітки, що лежать на внутрішній та зовнішній бокових границях елементарного циліндру ґрунту, у вигляді розкладення в ряд Тейлора зблизь відповідних вузлів. Так, для внутрішньої границі, тобто при $x = x_0$, представимо функцію температури $T(x, z)$ у вигляді розкладення в ряд Тейлора зблизь вузла з координатою $i = 1$ вздовж осі x , а саме у вузлах, які мають координати $i = 2$ та $i = 3$. Для цих вузлів одержимо відповідні рівняння, до складу яких входить друга похідна температури:

Висновки.

Запропонована методика оцінки ефективності використання теплового насосу на базі енергії ґрунту дозволяє розрахувати параметри, які впливають на енергетичні показники ґрунтової теплонасосної системи теплозабезпечення.

Розроблена методика розрахунку та аналізу нестационарних процесів теплообміну в ґрунтовому

контурі теплонасосної системи дозволяє визначати потужність теплового потоку, що відводиться від ґрунту, з урахуванням: зміни кліматичних факторів, розподілу температур у ґрунті навколо вертикальної ґрунтової трубки та по довжині ГТ протягом часу, схемно-конструктивних особливостей ГТ для подальшої оптимізації параметрів ГТНС та режимів її роботи.

Запропонована математична модель нестационарного теплообміну є зручною для числового моделювання потужності змінного теплового потоку, що надходить до випарника теплового насосу від вертикальних ґрунтових трубок в процесі експлуатації системи.

Встановлено, що потужність теплового потоку залежить від ряду впливових факторів, а саме, від режиму течії робочої рідини, що циркулює в ґрунтовому теплообмінному контурі, від фізичних властивостей робочого тіла ГТ, кількості ґрунтових трубок, від розподілу температур в ґрунті навколо ГТ і вздовж ГТ, які змінюються при доготівалі експлуатації ГТНС, впливаючи суттєво на перебіг процесів теплообміну у всіх елементах системи. Оскільки вказані впливові чинники визначають температурний потенціал робочої рідини ГТ, від якого залежить температура теплоносія на виході з ґрунтових трубок та на вході до випарника ГТ, відповідно.

Методика визначення температури теплоносія на виході з ґрунтового теплообмінника є підґрунтям для виконання подальшого числового моделювання і аналізу теплових процесів в складових елементах теплового насосу для оптимізації параметрів ГТНС.

Таким чином, запропонована методика є науково-обґрунтованим інструментарієм оцінки надійності і ефективності використання теплонасосної системи з утилізацією ґрунтової енергії, що дозволяє визначати всі параметри, які впливають на енергетичні параметри ГТНС.

Список літератури

1. Rybach, L. Global Status, Development and Prospects of Shallow and Deep Geothermal Energy. *Int. J. Terr. Heat Flow Appl. Geotherm.* 2022, 5, 20–25.
2. Denysova A.E., Klymchuk O.A., Ivanova L.V., Zhaivoron O.S. Energy Efficiency of Heat Pumps Heating Systems at Subsoil Waters for South-East Regions of Europe // *Problemele energeticii regionale*, 2020, 4 (48), pp. 78–89. <https://journal.ie.asm.md/ru/contents/electronmi-jurnal-448-2020>
3. Rybach, L. Shallow Systems – Geothermal Heat Pumps. In *Comprehensive Renewable Energy*, 2nd ed.; Letcher, T.M., Ed.; Elsevier: Oxford, UK, 2022; pp. 197–219.
4. Lund, J.; Toth, A. Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review. In *Proceedings of the World Geothermal Congress 2020*, Reykjavik, Iceland, 24–27 October 2021.
5. Perestuk M.O., Marinets B.B. *Teoria ravnian matematychnoi fizyky.* – Kyiv: Lybid, 2006.–421 p.

6. Marinets B.B, Rego B.J., Marinets K.B. Teoria kraiovykh zadach dlia zvychnykh dyferencialnykh rivnian: Navchalnyi posibnyk. – Ugrod: UGNU «Goverla», 2013. – 196 p. <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/27991>
7. Konstantinov S.M. Teploobmin [Text]: Textbook dlia studentiv VTNZ. – K.: VPI BPK «Politehnika», Inres, 2005. – 304 p. <http://pdf.lib.vntu.edu.ua>
8. Kulinchenko V.R. Teploperedacha z elementami masoobminu (teoria i praktyka procesu) [Text]: textbook dlia studentiv VNZ / V.R. Kulinchenko, O.Yu. Shevchenko, B.A. Piddubnyi; za red. prof. Kulinchenko V.R.; Nat. univ kharch. tehnologii. – Kyiv: Feniks, 2014. – 918 p. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/kulinchenko_teplooper/3.htm
9. Bashlii S.V., Moseiko Yu.V. Osnovy rozrakhunkiv teplomasoobminnykh procesiv: Navchalnyi posibnyk. – Zapogiggia: ZDIA, 2012. – 192 p. <https://studfile.net/preview/4193930/>
3. Rybach, L. Shallow Systems – Geothermal Heat Pumps. In Comprehensive Renewable Energy, 2nd ed.; Letcher, T.M., Ed.; Elsevier: Oxford, UK, 2022; pp. 197–219.
4. Lund, J.; Toth, A. Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review. In Proceedings of the World Geothermal Congress 2020, Reykjavik, Iceland, 24–27 October 2021.
5. Perestuk M.O., Marinets B.B. Teoria ravnian matematychnoi fizyky.– Kyiv: Lybid, 2006.–421 p.
6. Marinets B.B, Rego B.J., Marinets K.B. Teoria kraiovykh zadach dlia zvychnykh dyferencialnykh rivnian: Navchalnyi posibnyk. – Ugrod: UGNU «Goverla», 2013. – 196 p. <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/27991>
7. Konstantinov S.M. Teploobmin [Text]: Textbook dlia studentiv VTNZ. – K.: VPI BPK «Politehnika», Inres, 2005. – 304 p. <http://pdf.lib.vntu.edu.ua>
8. Kulinchenko V.R. Teploperedacha z elementami masoobminu (teoria i praktyka procesu) [Text]: textbook dlia studentiv VNZ / V.R. Kulinchenko, O.Yu. Shevchenko, B.A. Piddubnyi; za red. prof. Kulinchenko V.R.; Nat. univ kharch. tehnologii. – Kyiv: Feniks, 2014. – 918 p. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/kulinchenko_teplooper/3.htm
9. Bashlii S.V., Moseiko Yu.V. Osnovy rozrakhunkiv teplomasoobminnykh procesiv: Navchalnyi posibnyk. – Zapogiggia: ZDIA, 2012. – 192 p. <https://studfile.net/preview/4193930/>

References (transliterated)

1. Rybach, L. Global Status, Development and Prospects of Shallow and Deep Geothermal Energy. Int. J. Terr. Heat Flow Appl. Geotherm. 2022, 5, 20–25.
2. Denysova A.E., Klymchuk O.A., Ivanova L.V., Zhaivoron O.S. Energy Efficiency of Heat Pumps Heating Systems at Subsoil Waters for South-East Regions of Europe // Problemele energeticii regionale, 2020, 4 (48), pp. 78–89. <https://journal.ie.asm.md/ru/contents/electronni-jurnal-448-2020>
3. Rybach, L. Shallow Systems – Geothermal Heat Pumps. In Comprehensive Renewable Energy, 2nd ed.; Letcher, T.M., Ed.; Elsevier: Oxford, UK, 2022; pp. 197–219.
4. Lund, J.; Toth, A. Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review. In Proceedings of the World Geothermal Congress 2020, Reykjavik, Iceland, 24–27 October 2021.
5. Perestuk M.O., Marinets B.B. Teoria ravnian matematychnoi fizyky.– Kyiv: Lybid, 2006.–421 p.
6. Marinets B.B, Rego B.J., Marinets K.B. Teoria kraiovykh zadach dlia zvychnykh dyferencialnykh rivnian: Navchalnyi posibnyk. – Ugrod: UGNU «Goverla», 2013. – 196 p. <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/27991>
7. Konstantinov S.M. Teploobmin [Text]: Textbook dlia studentiv VTNZ. – K.: VPI BPK «Politehnika», Inres, 2005. – 304 p. <http://pdf.lib.vntu.edu.ua>
8. Kulinchenko V.R. Teploperedacha z elementami masoobminu (teoria i praktyka procesu) [Text]: textbook dlia studentiv VNZ / V.R. Kulinchenko, O.Yu. Shevchenko, B.A. Piddubnyi; za red. prof. Kulinchenko V.R.; Nat. univ kharch. tehnologii. – Kyiv: Feniks, 2014. – 918 p. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/kulinchenko_teplooper/3.htm
9. Bashlii S.V., Moseiko Yu.V. Osnovy rozrakhunkiv teplomasoobminnykh procesiv: Navchalnyi posibnyk. – Zapogiggia: ZDIA, 2012. – 192 p. <https://studfile.net/preview/4193930/>

Надійшла (received) 19.10.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Денисова Алла Євсївна (Денисова Алла Евсеевна, Denysova Alla Evsiivna) – доктор технічних наук, професор, Національний університет Одеська політехніка, професор кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, директор Українсько-польського інституту; м. Одеса, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3906-3960>; Scopus Author ID: 57193405766,
e-mail: alladenysova@gmail.com

Іванов Павло Олександрович (Іванов Павел Александрович, Ivanov Pavlo Oleksandrovych) – аспірант кафедри теплових електричних станцій та енергозберігаючих технологій Національний університет Одеська політехніка, м. Одеса, Україна,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8897-0222>,
e-mail: 7873780@ukr.net

S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, O. M. BELYANSKIY, I. V. ROZHENKO, A. A. ABAKUMOV

INNOVATIVE APPROACHES TO TEACHING FOREIGN LANGUAGES AT HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

The importance of teaching students foreign languages at higher educational institutions by innovating study methods is discussed. Main innovative approaches were studied. The usage of cases and projects in classes are unified. It is discussed that innovative approaches promotes the development of language skills, the second purpose of working with innovative methodology is a communicative practice. Possible innovative approaches are described in the article. Innovative approaches to foreign language teaching skills is described in the article. It was determined that the systematic usage of the innovative approaches improves language competence and formats necessary skills. The use of various methods and techniques of active learning arouses students' interest in the educational and cognitive activity itself, which enables creating an atmosphere of motivated, creative learning and at the same time solving a whole range of educational, educational, developmental tasks.

Key words: innovative studies, project-oriented approach, innovative teaching approaches, pedagogy, foreign language, communication, innovative teaching technologies.

Introduction.

The study of foreign languages in modern society is becoming an inseparable component of the professional training of engineering and pedagogical specialists, and the successful resolution of issues of professional growth and expansion of contacts with foreign partners largely depends on the quality of their training. The success of teaching a foreign language largely depends on the teacher's work methodology, on his ability to use various modern methods in the context of solving specific educational problems. The article discusses one of the creative approaches to teaching a foreign language for special purposes - the "case method", the essence of which is the independent foreign language activity of students in an artificially created environment. It is noted that the cases are extremely rich in content and have the potential to take into account the knowledge already acquired by the student for learning the language of the specialty and developing management skills. According to the results of applied research conducted by the authors, it has been established that this method can be used as extremely effective in achieving the goals of teaching a foreign language and intercultural adaptation.

The main purposes of this paper is to give a brief overview of innovative methods of teaching foreign languages, consider the theoretical foundations of their creation and analyze the practical contribution of the developers of approaches to the development of teaching methods [1–7].

The main part.

The transition to a multi-level training system at the present stage dictates the need to change approaches to the content of the educational process, create new forms of its methodological support, as well as understand the role of the teacher in the innovative paradigm of student-oriented, creative learning. The variety of methods and methods of mastering a foreign language leads to the need for a rational choice of one of them or an optimal combination of complementary methods and technologies, which implies the need to generalize knowledge about the methods and techniques of organizing foreign language communication.

Currently, intensive teaching of foreign languages is implemented in various developing, newly created and existing methodological systems. This is due to the variety of specific goals of teaching a foreign language to different groups of students, as well as the variety of learning conditions. The linguistic-sociocultural approach is inherent in almost all foreign language schools. The communicative approach is followed by British and American language schools Bell International, OISE, St. Giles International, Rennert Bilingual, NESE. This opportunity is provided by language schools in New York, London, San Francisco, Toronto and other world business centers [1–7].

It is necessary to take into account that when teaching a professional foreign language, various functions of speech and methods of its use cannot be of equal value. Along with instrumental (simple transmission of information), regulatory (regulation of activities), personal-emotional and artistic (role-playing games, imagery of speech), the greatest value is heuristic (expressing one's understanding), social (communication outside one's narrow circle) and information-scientific, analytical, reference. The case method, which has gained a leading position in modern practice of studying abroad, by developing mastery of these speech functions, makes it possible to master knowledge in a foreign language, increase the level of one's competence and self-esteem.

"Case method" (English case method, case method, case study, case-study, method of specific situations) is a teaching technique that uses a description of real (economic, social and business) situations. An increase in students' "baggage" of analyzed cases increases the likelihood of using a ready-made solution scheme for the current situation and develops skills in solving more serious problems. Situational learning teaches the search and use of knowledge in a dynamic situation, developing flexibility of thinking

The use of the case method in English classes in a professional environment pursues two complementary goals, namely [8–17].:

further improvement of communicative competence (linguistic and sociocultural) and the formation of professional qualities of students. Acquaintance with the case (reading a professionally directed text in which a task in the specialty is formulated, in the original or with minor abbreviations and minor adaptation, and subsequent translation), independent search for a solution (internal monologue speech in English), the process of analyzing the situation during the lesson (monologue and dialogic speech, prepared and spontaneous, also in English) are all examples of communicative tasks.

Classroom communication associated with work on a case, which is characterized by argument, discussion, argumentation, description, comparison, persuasion and other speech acts, trains the skill of developing the correct strategy of speech behavior, compliance with the norms and rules of English-language communication.

Students' comments on the content of the case are assessed by the teacher for the following skills: analytical, managerial, decision-making skills, interpersonal communication skills, creativity, oral and written communication skills in English (lexico-grammatical aspect). Therefore, the case method simultaneously includes a special type of educational material and special ways of using it in the educational practice of the English language. According to the results of our applied research, it has been established that the case method can be used as extremely effective in achieving the goals of teaching a professional foreign language and intercultural adaptation. However, the use of this method in teaching a foreign language must be methodologically justified and ensured. This is necessary both at the level of organizing the educational process for the educational program as a whole, and at the level of planning it by an individual teacher.

The disadvantages of using this method of organizing training include the fact that it is difficult to guarantee the independence of completing all tasks in the case of individual students. The case method in foreign language classes is recommended to be used in groups that have a certain amount of knowledge in the specialty and a sufficient level of proficiency in a foreign language. In addition, being a complex and effective teaching method, the case method is not universal and is effective only in combination with other methods of teaching foreign languages, because in itself does not lay down the mandatory normative knowledge of the language.

Nevertheless, the use of the case method in learning a foreign language increases the level of knowledge of a foreign language in general. The method develops creative thinking; develops presentation skills; develops the ability to conduct a discussion and give reasons for answers; improves professional reading skills in a foreign language and information processing; teaches you to work in a team and develop a collective solution. Discussion, analysis of real situations, brainstorming, business games, project assignments lead to the creation of a favorable psychological atmosphere in the classroom, to strengthening the speech and intellectual

activity of students, increasing their sense of self-confidence and creating a semantic context for communications. The pedagogical potential of the case method is much greater than the pedagogical potential of traditional teaching methods.

The case method is an extremely effective tool that allows you to apply theoretical knowledge to solve practical problems. The problem of introducing the case method into the practice of higher professional education is currently very relevant, which is due to the general orientation of the development of education, the focus not so much on obtaining specific knowledge, but on the formation of professional competence, abilities and skills of mental activity, and the development of individual abilities.

The case method came to foreign languages from economics, where it was successfully used to teach students. The basis of the method is dialogue, discussion, decision making. The essence of this method is to comprehend, critically analyze and solve specific problems or cases. A case is a description of a situation that took place in a particular practice and contains some problem that requires resolution. It is a kind of tool through which a part of real life is brought into the classroom, a practical situation to be discussed and a reasoned solution to be provided. Cases are usually prepared in writing and based on the experiences of real people. Due to the high concentration of roles in the cases, this technology is close to game methods and problem-based learning.

In recent years, the concept of "competence" has reached the didactic and methodological level. A person who is competent in a certain area as a specialist has the appropriate knowledge and abilities that allow him to reasonably judge this area and act effectively in it [1-3]. This is related to the system-practical functions of competencies and their integrative interdisciplinary role in general education.

Increasing attention to this concept is also due to the recommendations of the Council of Europe and the main provisions of the Bologna system of education, which can be attributed to the restoration and strengthening of the function of education, its approximation to the order of society [2, 8-18]. The analysis of foreign literature shows that the formation of the concept of "key competencies" is related to understanding them as a kind of indicators that determine the readiness of a graduate of a higher educational institution for life and profession.

Most authors believe that there should be broad programs aimed at the development of learning throughout a person's life, which are primarily related to the following briefly stated provisions:

1. Understanding the culture of competences – classification-identification of their tasks and areas of use: • competitive global economy; • development of creativity and innovative thinking; • active participation of all levels of higher educational institutions in education; • raising the standards of teaching and learning; • promoting the creation of a knowledge society, etc.

2. The concept of competence includes research components: • the individual's ability to contribute and respond to individual and social needs; • a complex of relationships, values, knowledge and habits; • the ability to competently perform tasks or work, etc.

3. Key competences contribute to success, development of the quality of public institutions, are related to various spheres of life. Key competencies – fundamental and basic competencies in the field of mathematics and physics; mathematical modeling and optimization of processes in various fields of science, engineering and technology, as well as equipment; mastery of foreign languages; the ability to learn innovative activities; social and entrepreneurial skills; general culture, etc.

The main needs and priorities from the point of view of the development of technical creativity of students in a modern higher educational institution, in our opinion, include:

1. The presence of polytechnics in a higher educational institution is the main opportunity for the formation of communicative and organizational abilities of students;

2. The growth of specialization of teaching in order to create a final product, project or technological process based on a broad technical outlook;

3. Strengthening interaction and close cooperation of various specialties in order to motivate creative

cooperation due to competition in the team of designers;

4. Formation of new inter-course, inter-departmental and inter-faculty complex associations when solving various types of innovative projects, etc [8–17].

As you know, competencies are classified and identified by types of research: by hierarchy level - key, general subject, subject; by content – value-significant, general cultural, educational-cognitive, informational, communicative, social-labor, personal self-improvement competencies; by types of activity – formative and professional (table 1, 2). First of all, for polytechnic higher education, competencies can be classified and identified as:

1) academic and subject according to the direction of study on the way to achieving a positive result in professional activity;

2) cognitive in accordance with the constituent principles and methods of specific areas of study;

3) personal and creative, taking into account technological components;

4) administrative and strategic as directions of development and innovation in types of training;

5) social, for example, a high level of education and qualification of personnel is characteristic for Ukraine along with a low level of remuneration, which is attractive for the activities of foreign companies [18–22, 24, 25];

Table 1. Classification-identification of the discipline Fundamentals of equipment design (Prof. Bukhkalov S.I.)

№	Examples of the hierarchy of components of the discipline Fundamentals of designing chemical production equipment
1	General information about: objects of study and the subject of the discipline, the purpose of study, requirements for students' knowledge; historical development of chemical technology as a science Classification-identification of general provisions of scientific justification and requirements for design and manufacture of chemical equipment.
2	Determination of the component algorithms for the calculation and selection of heat exchange equipment - varieties and design features of plate heat exchangers (PTO).
3	Classification-identification of the main directions of design development, innovative research of chemical technology machines and devices - indicators of energy, resource and environmental efficiency of installations and equipment.
4	Determination of component algorithms for calculation and selection of heat exchange equipment - types of collapsible PTO.
5	Generalized structural scheme of the technological line, processes, equipment and stages of chemical production; the main issues of modernization of production.
6	Determination of the component algorithms for the calculation and selection of heat exchange equipment - semi-detachable PTO.
7	Hierarchy of the selection of the material performance of the main equipment according to the examples of the requirements of the scientific and technical documentation (STD) of production - varieties and features of the design.
8	Determination of the component algorithms for the calculation and selection of heat exchange equipment - types of non-decomposable PTO.
9	Classification-identification of the main indicators for calculating the strength of machines and devices of chemical industries.
10	Determination of the component algorithms for the calculation and selection of heat exchange equipment - varieties and design features of spiral PTO.
11	Classification-identification of general information on design methods: mathematical modeling, types of verification, equipment calculations, etc.
12	Determination of the component algorithms for the calculation and selection of heat exchange equipment - types and features of the design of recuperative heat exchangers
13	Classification-identification of general information about the processes of heat exchange and heat transfer of heat exchange apparatuses of chemical industries, types and features of equipment design.
14	Determination of the component algorithms for the calculation and selection of heat exchange equipment - varieties and design features of regenerative heat exchangers
15	Classification-identification of the main indicators of chemical production: definitions and provisions on hot (heating) coolants and cold (cooling) coolants.
16	Determination of the component algorithms for the calculation and selection of heat exchange equipment - varieties and design features of shell-and-tube heat exchangers

Table 2. Classification-identification of some components of the discipline Modern food technologies (Bukhhalo S.I.)

№	Examples of the hierarchy of components of the discipline Modern food technologies
1	General information about: objects of study and the subject of the discipline, the purpose of study, requirements for students' knowledge; historical development of modern nutrition technology as a science Classification-identification of general provisions of scientific justification and requirements for training components.
2	Definition, characteristics and classifications-identification of nutritionology as a science, its purpose, basic concepts of the theory and concept of nutrition.
3	Modern aspects of nutrition science regarding human nutrition: structure, purpose, tasks, classification-identification of study objects and hierarchy of course components in examples and tasks.
4	Systematization of branches and main types of food products. Functions of nutrition, interaction of the human body with the environment.
5	Classification-identification of the components of the quality and safety of nutrition of the population. Hierarchy of constituent socio-economic prerequisites for the creation of a healthy food industry in Ukraine.
6	Classification-identification, characteristics and definitions of the classical theory of nutrition. Hierarchy of components of the theory of adequate nutrition.
7	Classification-identification, characterization and definition of the concept of nutrition. Hierarchy of components of the alternative theory and concept of nutrition.
8	Definition, classification-identification of basic food dietary supplements. Hygienic regulation of food additives to food products. The measure of toxicity of substances
9	Classification-identification of food substances - nutraceuticals, probiotics, parapharmaceuticals - features and their characteristics.
10	Functional products in the modern nutrition structure. Main groups of functional food products. Functional products in the modern nutrition structure.
11	Concept of fusion cuisine, history of emergence and main trends, classification-identification and characteristics. The concept of molecular cuisine - classification-identification and characterization.
12	Examples of calculations of components of modern food technologies - classification-identification and characterization of material balances by dry substances.
13	Classification-identification, characteristics, definition and purpose of therapeutic and preventive nutrition.
14	Examples of calculations of components of modern food technologies, classification and identification of recipes.
15	Classification-identification of the main indicators of modern food technologies: definitions and provisions
16	Classification-identification of scientific principles of modern food enrichment technologies in examples and tasks, hierarchy of components of healthy nutrition.

Table 3. Functional diagram of development and implementation of innovative research

№	Components of development and implementation of a comprehensive research scheme
1	Determination of the current state of the problem based on an analytical review of the principles and methods of classification and identification of research components.
2	Characterization of the features of development processes – the hierarchy of understanding and execution
3	Definition and classification-identification of search mechanisms for possible implementation options for research components
4	Definition and classification-identification of search mechanisms for the accumulated own options for the implementation of research components
5	Classification-identification of the main variants of the concepts of the topic - analysis algorithms and research actions
6	Determination and classification-identification of conclusions from the search for accumulated own options for the implementation of research components
7	Definition and classification-identification of cooperation within the project based on the accumulated own variants of implementation of research components

6) pedagogical and methodological as participation in various forms of international cooperation, including numerous projects and actions, the need for political interaction, the active development of transnational corporations, etc. require participants in business communication to know the national, cultural and other characteristics of their partners

7) communicative principles of subordination, status or the principle of professionalism of the individual, means of communication as sign systems, verbal and non-verbal types of communication;

8) methodological according to the direction of study on the way to achieving a positive result in

professional activity [23, 26–28];

9) innovative-technical and technological for types of training.

10) political - refer to the degree of stability of state power, the presence of national movements, the regime of government, etc.

11) economic – determine the pace of the country's economic development, per capita income, inflation rates, purchasing power, the cost of local labor, which is reflected in wages and staff motivation in general. Based on these positions, it can be determined that the competencies themselves can be classified as organizational and operational, cognitive (lat. cognitio,

"cognition, study, awareness") and creative, which have a creative beginning. At the same time, creativity (creation) is an effective way to solve the problem - it is, first of all, the use of the creative abilities of the individual student, which are characterized by the readiness to form fundamentally new ideas and are included in the structure of giftedness as an independent factor.

For example, the image of the country from the point of view of tourism, hotel and restaurant business and business should be the result of analytical and synthetic activities regarding the study of the unique tourist and gastronomic record of the country, which consists of a system of various components, even chemical engineering, modern food technologies and innovative restaurant technologies.

Competences are knowledge, experience, ways of working with real objects in the form of innovative projects of various levels. When developing the content of competencies, we fill "knowledge", "skills", "habits", "abilities", "qualities" with specific subject content, define the functions of each competency. That is, development methods and techniques are determined by the content and function of competence.

Analysis of the formation of the concept of "key competencies" is related to the readiness of a graduate of a higher educational institution for life and profession. The criteria for assessing the potential for intensification of development in the field of innovative technologies can be represented by the following facts:

- expansion of the number of students participating in game and complex design - it is possible to involve students of 1-5 courses of virtually all faculties;
- creation of prerequisites for effective cooperation of inventors and entrepreneurs in the development of innovative projects of various levels of complexity;
- widespread dissemination of information about the results of innovative developments, etc.

Program competencies of innovative polytechnic education can be presented as integral and general competencies of educational programs. Integral competence as the ability to solve complex specialized tasks and practical problems of technology and engineering, which involves the application of certain theories and methods of technology and engineering and is characterized by the complexity and uncertainty of conditions.

General competencies are defined by the standard of higher education of the specialty, for example:

1. Ability to abstract thinking, analysis and synthesis - algorithms for classification and identification of research components.
2. The ability to apply knowledge in practical situations - algorithms for classification and identification of components of experimental research.
3. Knowledge and understanding of the subject area of professional activity - algorithms for the classification and identification of training components.
4. The ability to communicate in the national language both orally and in writing - algorithms for the

classification and identification of the components of research on cross-cultural communication.

5. The ability to communicate in a foreign language – algorithms for the classification and identification of the components of research on cross-cultural communication.

6. Efforts to preserve the environment - algorithms for the classification and identification of components of cross-cultural communication research.

7. The ability to realize one's rights and responsibilities as a member of society, to realize the values of a civil (free democratic) society and the need for its sustainable development, the rule of law, the rights and freedoms of a person and a citizen in Ukraine.

8. The ability to preserve and multiply moral, cultural, scientific values and achievements of society based on an understanding of the history and patterns of development of the field, its place in the general system of knowledge about nature and society and in the development of society.

To carry out complex game design, the main stages of the work of students of different faculties of 1-5 courses were developed (Table 3) and an innovative topic - resource and energy saving - was chosen. The analysis of the presented competencies allows us to draw a conclusion about their creative orientation as a preparatory stage for work in a creative direction.

Thus, according to the functional scheme, the main components of each stage of the functional scheme can be determined:

1. Organization of interaction with well-known projects; analysis of the development of society and technology; development of one's own views and position in the discussion; the ability to face uncertainty and complexity.

2. Search and study of various databases; consultations of experts at various levels and surveys of the environment; information search and its logical and structural classification; ability to work with documents.

3. The ability to benefit from experience: organizing the relationship of one's own knowledge, organizing it and developing one's own methods of study; self-education for the purpose of forming the ability to solve the problem of the task.

4. The ability to organize one's work, join a team of designers and contribute; bear responsibility and confirm the solidarity of actions in the group.

5. To have modern methods of mathematical modeling and optimization, to be knowledgeable in computer technology and programming from the point of view of setting and solving tasks, as well as the development of action algorithms at all stages of innovative design.

6. The ability to cooperate when working in a team and negotiate; make decisions, settle conflicts and disagreements; develop and execute contracts.

7. The ability to find new solutions in order to modernize objects, use innovative technologies, information and communication;

8. Have and show resilience in the face of difficulties, prove flexibility to rapid changes, etc.

Case study is a learning system based on the analysis, solution and discussion of situations, both simulated and real. Case study is considered one of the best methods for developing analytical and critical thinking and creativity; it has also proven effective in distance learning and forms the basis training in online trainings; This is also a method that should be classified as a group of logical methods for teaching translation.

The name Case study comes from the Latin term “casus” - a confusing or unusual case. Case study – does not have an exact translation into Russian. Basically, either the English term or several Russian-language analogues are used: case study (transliteration), business cases, case method, learning from practical examples, method of specific situations, situational learning, situational tasks, etc.

Learning from practical examples, as a way of development, has existed since ancient times; there are references to the fact that descriptions of specific battles and their analysis were used to develop leadership skills in boys in Sparta. However, officially, as a teaching method, the Case study method was first used at Harvard Business School in 1924, when its teachers and students were faced with the fact that it was impossible to learn the practice of management and business only with the help of existing textbooks. An alternative to textbooks was interviews with leading business practitioners and detailed reports (descriptions of situations) written on their basis on how top managers solved a particular situation, as well as descriptions of all the factors influencing their activities. This is how the Case study training system and the first business cases were born. Students were given descriptions of a specific situation that a real organization encountered in its activities in order to become familiar with the problem and find a solution to the business case independently and through a collective discussion.

“Case study” is a teaching method based on the consideration of specific (real) or modeled as real practical examples. By linking theory and practice, case studies effectively develop participants' ability to make informed decisions under time pressure. “Case” is something like a tool that allows you to apply theoretical knowledge to solve practical problems. There are “field” cases – based on real factual material and “desktop” – fictional cases.

The essence of case technology is that students are given a set of educational materials enclosed in a folder (case) and are asked (as a result of familiarization with the materials) to comprehend the content of the problem contained in them, which, as a rule, does not have a clear solution, and propose their own solution. using existing professional knowledge and skills. The main goal of studying cases when teaching a foreign language at a university is, first of all, to provide students with a scenario that is as close as possible to the real conditions of the functioning of the language in a certain professional field. The ultimate goal is to promote the

formation of integrated knowledge, skills and abilities, as well as the combination of theory and practice.

At the same time, the role load of the case method in different subject areas is different. For example, in law, cases set precedent; in medicine, with the help of cases, you can find a new method of treating a certain disease; In the course of business disciplines, students are provided with data related to various aspects of the organization and functioning of enterprises. In any case, cases help students gain first experience of working in a team and develop abilities to perform a specific set of functions and professional roles.

The practice of using such technology in foreign language classes at a university, as existing experience shows, contributes to the activation of the educational process and is an effective means of developing the cognitive, professional and linguistic capabilities of students. The use of technology leads to an increase in the intensity of the educational process and provides a variety of forms of interaction between its participants.

Typically, work using Case study technology is structured as follows. A group of students is invited to consider any specific problem situation related to their future professional activities in a foreign language. For students a description of the decision is also offered for study, including the following information: why this particular decision was made; how this decision was implemented in practice and what the results (consequences) were. Students should familiarize themselves with the problem before class and think of their own ways to solve it. In the classroom during a training session, there is a collective discussion of a given case from practice, for example, a real-life foreign company. During the discussion of the case, the teacher himself usually tries to refrain from answering the questions posed. Instead, he asks questions from the audience and gives the floor to students to answer the questions themselves. In the process of discussion, a discussion ensues, and in a dispute, the truth is born. At the end of the lesson, the teacher can spend 10–15 minutes revealing what actually happened in the real situation, on the basis of which the case was written, and try to analyze the students' reasoning and lead them to new conclusions. However, the case method still places the main emphasis on students' independent thinking, their personal ability to convey their thoughts to the audience and constructively engage in debate, as well as adequately respond to criticism from colleagues. Traditional test forms for mastering the material presented in the case can be a prepared message or a completed poster or booklet. At the same time, the work must meet a mandatory condition, namely, contain a detailed analysis of the situation, as well as comply with the principles accepted in a certain professional field and contain possible solutions to specific problems.

Conclusions and ideas for further investigation

Teaching foreign languages in the context of professional training of future engineer-teachers should be aimed at solving the following task - to develop in future specialists the ability to carry out international

professional interaction, to ensure the possibility of their constructive professional communication with foreign colleagues. In this regard, there is a need to choose the best option from the variety of modern methodological technologies, taking into account the level of training, stage of training, and individual characteristics of the students [13, 30].

Today, due to the rapid pace of development of innovative technologies, changes are occurring in all spheres of society. In particular, in higher education there is a need for new methods and approaches to teaching foreign languages. New technologies in teaching foreign languages prove their effectiveness in practice and lead to high rates of mastery of foreign languages.

Currently, along with traditional methods of teaching a foreign language (grammar-translation, structural and communicative), innovative ones are used.

The priority is the active mental activity of the student, and the teacher plays the role of a supervisor who provides well-chosen teaching methods that meet the goals.

Modern innovative methods in teaching foreign languages include such as the project method (Internet projects), case method, STL-collaborative learning, brainstorming, problem-based learning

A foreign language teacher at a university today has countless opportunities to choose teaching methods and technologies to solve the assigned tasks of forming a creative, active personality capable of adequately responding to tasks and situations in the surrounding world. This could be a technology for maintaining a language portfolio, a method for solving problems, a method for analyzing specific examples, and much more. At the same time, it is necessary to help each student open himself up to communicate with the outside world and teach the languages of communication with this world. The student must become an active participant in the learning process, and the role of the teacher must be transformed into an advisory and partner plane.

One of the pressing problems of improving the quality of teaching a foreign language at a university is the task of forming control over competencies as such. Control, as is known, largely determines the content of

training. Effective development of a particular competence within the framework of teaching a foreign language is possible only if it is the main object of assessment during the final control based on the results of mastering the content of the discipline reflected in the curriculum. In other words, the foreign language course program must clearly state that, as part of the final control, the student must demonstrate specific knowledge and practical skills. Only in this case can we say that the purpose of such a course will be the formation of a certain competence (as a set of certain knowledge and skills). Such control cannot be carried out even in the absence of criterion-level scaling of the formation of certain competencies of students. Therefore, the task of foreign language teachers today is to create databases based on monitoring the achievements of their students so that the requirements for students to master certain competencies are at least somehow correlated with their real capabilities and needs.

Interactive methods in teaching a foreign language are also capable of ensuring a high degree of activity and independence of students. In the conditions of professionally-oriented training, the following methods of interactive training can be used: business games, disputes, discussions, performances, conferences. Firstly, they ensure the interconnection of individual and group forms of student work; secondly, they imitate certain problematic situations that occur in the professional activities of a specialist in real conditions; thirdly, it encourages students to make decisions and achieve their goals; fourthly, they contribute to the creation of a positive creative environment in the classroom and, as a result, eliminate barriers of anxiety and fear when generating foreign language speech; and fifthly, which, in fact, is the most important - these methods make it possible to comprehensively implement the principle of professional orientation of training, which makes it possible to increase students' interest in foreign language classes and optimize the educational process. With this approach, a foreign language becomes one of the means of studying a specialty [28–34].

Список літератури

1. Binytska, K., Buchkivska, G., & Kokieli, A. (2020). Requirements for system of professional competencies of English teacher in EU countries. *Continuing Professional Education Theory and Practice (Series: Pedagogical Sciences)*, 2 (63), 85-90. DOI: 10.28925/1609-8595.2020.2.122.
2. Loewen, S., Li, S., Fei, F., Thompson, A., Nakatsukasa, K., Seongmee, A., & Xiaoqing, C. (2009). Second language learners beliefs about grammar instruction and error correction. *The Modern Language Journal*, 93(1), 91-104.
3. TESOL International Association. Standards for the Recognition of Initial TESOL Program in P-12 ESL Teacher Education.
4. British Council. Vocabulary. Level Advanced. – URL: <https://learnenglish.britishcouncil.org/vocabulary>
5. English Language Teaching; Vol. 14, No. 11; 2021 ISSN 1916-4742 E-ISSN 1916-4750 Published by Canadian Center of Science and Education
6. Fei, X., & Derakhshan, A. (2021). A conceptual review of positive teacher interpersonal communication behaviors in the instructional context. *Frontiers in psychology*, 12, 2623. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.708490>
7. Richards J. Approaches and Methods in Language Teaching / J. Richards, Th. Rogers. –Cambridge University Press, 2008.
8. 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 С.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 172.
9. 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 «ХП», с. 173.
10. Бухкало С.І. Синергетичні моделі утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 41 (1263), С. 17–27.
 11. S.I. Bukhhalo, J.J. Klemeš, L.L. Tovazhnyanskyu, O.P. Arsenyeva, P.O. Kapustenko, O.Yu. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. VOL. 70, 2018, pp. 2047–2052
 12. Говоров 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. – Х: НТУ «ХП», с. 181.
 13. Калініченко Д.В., Бухкало С.І., Мірошніченко Н.М. та ін. Описовий алгоритм 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 «ХП», с. 207.
 14. 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. Сокола Є.І. – Х: НТУ «ХП», с. 233.
 15. 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. Сокола Є.І. – Х: НТУ «ХП», с. 249.
 16. 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 «ХП», с. 150.
 17. 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
 18. 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 «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2020. – № 5(1359). – С. 3–10. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01
 19. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклади та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
 20. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклади та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
 21. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклади та тести з технології переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
 22. Hutchins J. y H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
 23. 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.
 24. Martin Kay. The Proper Place of Men and Machines in Language Translation. Machine Translation 12: 3–23, 1997. 9. Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki.
 25. 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 «ХП», с. 170.
 26. Yunker J. Beyond Borders. Web Globalization Strategies / John Yunker. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.
 27. Zetzsche J. Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
 28. 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 «ХП», с. 171.
 29. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування.. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
 30. Бухкало С.І., Іглін С.П., Кравченко В.О., Копейченко Є.А, Назаренко М.В. Приклади та задачі комплексного викладання дисципліни харчова хімія. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 89–96.
 31. Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
 32. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
 33. Бухкало С.І., Агейчева А. О., Роженко І.В, Шкіль С.О. Інноваційні методи навчання під час семінарських занять у закладах вищої освіти. Вісник НТУ «ХП». 2023. № 1 (1365), с. 24–31.
 34. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Moskalenko M.V., Derkunska ZH.V., Iglin S.P. Innovative approaches to teaching at higher educational institutions in examples and tasks.. Вісник НТУ «ХП». 2023. № 1 (1365), pp. 78–85.

Bibliography (transliterated)

1. Binytska, K., Buchkivska, G., & Kokiell, A. (2020). Requirements for system of professional competencies of English teacher in EU countries. Continuing Professional Education Theory and Practice (Series: Pedagogical Sciences), 2 (63), 85-90. DOI: 10.28925/1609-8595.2020.2.122.
2. Loewen, S., Li, S., Fei, F., Thompson, A., Nakatsukasa, K., Seongmee, A., & Xiaoqing, C. (2009). Second language learners beliefs about grammar instruction and error correction. The Modern Language Journal, 93(1), 91-104.

3. TESOL International Association. Standards for the Recognition of Initial TESOL Program in P-12 ESL Teacher Education.
4. British Council. Vocabulary. Level Advanced. – URL: <https://learnenglish.britishcouncil.org/vocabulary>
5. English Language Teaching; Vol. 14, No. 11; 2021 ISSN 1916-4742 E-ISSN 1916-4750 Published by Canadian Center of Science and Education
6. Fei, X., & Derakhshan, A. (2021). A conceptual review of positive teacher interpersonal communication behaviors in the instructional context. *Frontiers in psychology*, 12, 2623. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.708490>
7. Richards J. Approaches and Methods in Language Teaching / J. Richards, Th. Rogers. –Cambridge University Press, 2008.
8. Bukhhalo S.I. Deyaki koncepciyi stalogo rozvy'tku ukrayiny' Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 172.
9. Bukhhalo S.I. Osnovni vlasty'vosti plivkovogo polimernogo pokry'ttya geliokolektoriv. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 173.
10. Bukhhalo S.I. Synergetic processes of utilization-modification for polymer part of municipal solid waste. *Bulletin of NTU KhPI*, Kharkiv, 2017, 41 (1263), 17 – 27.
11. Bukhhalo S.I. J.J. Klemeš, L.L. Tovazhnyanskyy, O.P. Arsenyeva, P.O. Kapustenko, O.Yu. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*. VOL. 70, 2018, pp. 2047–2052.
12. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Zagal'ni zakonomirnosti sy'stemy' bakteriy' cy'dny'x ustanovok znezarazhennya vody'. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kh.: NTU «KhPI», p. 181.
13. Kalinichenko D.V., Bukhhalo S.I., Miroshny'chenko N.M. ta in. Opy'sovy'j algory'tm procesiv kry'stalizaciyi czukru. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 207.
14. Mal'ceva A.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., ta in. Zagal'ni umovy' procesiv kry'stalizaciyi czukru. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Xarkiv: NTU «KhPI», p. 233.
15. Ol'xov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algory'tmu poshuku racional'ny'x zakonomirnostej roboty' obladnannya. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
16. Agejcheva A.O., Agejcheva O.O. Mozhly'vi pry'chy'ny' zny' zhennya fil'tracijny'x xaraktery'sty'k pry'vy'bijnoyi zony' plasta. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 150.
17. 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
18. Bukhhalo S.I., Agejcheva A. O., Agejcheva O. O., Babash L. V., Pshy'chkina N. G. Metody'chni aspekty' reformuvannya dy'stancijnogo navchannya v sy'stemi vy'shhoji osvity'. *Visnyk NTU «KhPI»*. – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – No. 5(1359). – pp. 3–10. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01
19. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoji promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoji literaturi»: 2018, 108 p.
20. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoji promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalyu). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoji literaturi»: 2019, 108 p.
21. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoji promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii pererobki plodoovochevoji sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. *Pidruchnik z grifom. K: «CNL»*: 2022, 108 p.
22. Hutchins J. y H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
23. 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.
24. Martin Kay. The Proper Place of Men and Machines in Language Translation. *Machine Translation 12*: 3–23, 1997. Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki.
25. 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, Ч. II./ Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kh: NTU «KhPI», p.170.
26. Yunker J. Beyond Borders. *Web Globalization Strategies / John Yunker*. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.
27. Zetzsche J. *Machine Translation Revisited*. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
28. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'xov's'ka O.I., Ol'xov's'ka V.O. ta in. Pry'klad postanovky' zadachi ekspery'mentu Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: u 5 ch. Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 171.
29. Bukhhalo S.I. Kompleksni innovacijni sistemi vikladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja –modeli programuvannja.. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 65–77
30. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Kravchenko V.O., Kopejchenko Є.A, Nazarenko M.V. Prikladi ta zadachi kompleksnogo vikladannja disciplini harchova himija. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 89–96.
31. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vikladannja disciplini osnovi proektuvannja obladnannja himichnih virobniactv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 13-22.
32. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoi masi na її vlastivosti ta konkurentospromozhnist' dlja riznovidiv galuzej. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.

33. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Rozhenko I.V., Shkil' S.O. Innovacijni metodi navchannja pid chas seminars'kih zanjat' u zakladah visshoi osviti. Visnik NTU «HPI». 2023. № 1 (1365), pp. 24–31.
35. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Moskalenko M.V., Derkunska ZH.V., Iglin S.P. Innovative approaches to teaching at higher educational institutions in examples and tasks.. Visnik NTU «ХПІ». 2023. № 1 (1365), pp. 78–85.

Надійшла (received) 19.06.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhhalo Svitlana 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 (Агейчева Анна Александровна, 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

Белянський Олександр Миколайович (Белянский Александр Николаевич, Belyanskiy Oleksandr Mykolaiivych) – аспірант кафедри загального мовознавства та іноземних мов, Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка»

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-0660>

e-mail: ageicheva@ukr.net

Роженко Інеса Віталіївна (Роженко Инеса Витальевна, Rozhenko Inesa Vitaliivna) викладач кафедри іноземних мов з латинською та медичною термінологією Полтавський державний медичний університет, м. Полтава, Україна.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8334-5087>

e-mail: ageicheva@ukr.net

Абакумов Андрій Анатолійович (Абакумов Андрей Анатольевич, Abakumov Andrii Analoliyovych)– аспірант кафедри загального мовознавства та іноземних мов, Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка»

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5737-6602>

e-mail: ageicheva@ukr.net

С. І. БУХКАЛО, А. О. АГЕЙЧЕВА, О. М. БЕЛЯНСЬКИЙ, І. В. РОЖЕНКО, А. А. АБАКУМОВ

ІННОВАЦІЙНІ КОМПЛЕКСНІ ПІДХОДИ ДО НАВЧАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Обговорюється важливість навчання студентів іноземних мов у вищих навчальних закладах за інноваційними методами навчання. Вивчено основні інноваційні підходи. Використання кейсів і проєктів на заняттях уніфіковано. Обговорюється, що інноваційні підходи сприяють розвитку мовних навичок, другою метою роботи з інноваційною методикою є комунікативна практика. У статті описані можливі інноваційні підходи. У статті описано інноваційні підходи до навчання іноземних мов. Визначено, що системне використання інноваційних підходів покращує мовну компетенцію та формує необхідні навички. Використання різноманітних методів і прийомів активного навчання викликає в учнів інтерес до самої навчально-пізнавальної діяльності, що дає змогу створити атмосферу вмотивованого, творчого навчання й водночас вирішити цілий комплекс освітніх, виховних, розвиваючих завдань.

Ключові слова: інноваційна освіта, проєктно-орієнтований підхід, інноваційні підходи до навчання, педагогіка, іноземна мова, комунікація, інноваційні технології навчання.

О. О. АГЕЙЧЕВА**АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЕЙ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ НОВИХ КИСЛОТНИХ СКЛАДІВ ДЛЯ КАРБОНАТНИХ КОЛЕКТОРІВ**

У статті розглянуто результати лабораторних випробувань нових кислотних компонентів для карбонатного колектора. У статті описано методи моделювання кислотної обробки. Доведено, що використання різних методів спрощує це завдання, оскільки дає правильні результати швидко та легко. Проаналізовано важливість вибору методів експлуатації свердловин. Доведено доцільність ефективність використання розробленого кислотного складу. У статті розглянуто результати комп'ютерного моделювання процесу закачування кислотної системи в продуктивний пласт. Досліджено зміну в'язкості кислотної системи при контакті з карбонатною породою отриманої шляхом моделювання процесу виходу емульсії з насосно-компресорних труб. Результати цієї роботи є дуже важливими та необхідними для подальших досліджень та аналізу видобутку свердловин. Приклади з аналізу експериментальних моделей дослідження лабораторних випробувань нових кислотних компонентів для карбонатного колектора можуть бути застосовані у навчанні студентів за ОП Хімічна інженерія.

Ключові слова: привибійна зона пласта, соляно-кислотна обробка, хімічні методи, забруднення, комплексні науково обґрунтовані методи навчання студентів.

О. О. АНЕЙЧЕВА**ANALYSIS OF MODEL RESULTS OF LABORATORY TESTS OF NEW ACID COMPONENTS FOR CARBONATE COLLECTOR**

Results of laboratory tests of new acid components for carbonate collector are considered in the article. Modeling acid treatment is described in the article. It is proved that the use of different methods simplifies this task, as it gives the correct results quickly and easily. The importance of the choice of well operation methods is analyzed. It has been proven that effectiveness of the developed acid malt should be used. The article examines the results of computer modeling of the process of pumping the acidic system into the productive reservoir. The change in the viscosity of the acid system in contact with the carbonate rock, obtained by modeling the process of exiting the emulsion from the pump-compressor pipes was studied. The results of this work are very important and necessary for further research and well production analysis. Examples from the analysis of experimental research models of laboratory tests of new acid components for a carbonate collector can be applied in the training of students in the Chemical Engineering educational program.

Keywords: bottom-hole formation zone, hydrochloric acid treatment, chemical methods, pollution, integrated technologies, evidence-based methods.

Вступ. Як основна партія кислотного складу для призабійної зони (ОПЗ) повинна бути обрана кислота або суміш кислот, яка б мала найнижчу швидкість реакції при найбільш високій розчиняючій здатності при контакті з породою. Крім того, необхідна можливість регулювання корозійної активності реагенту. Найбільш поширений реагент, що використовується в карбонатних колекторах, - соляна кислота. Однак соляна кислота в чистому вигляді не використовується через її високу швидкість реакції з породою і високу корозійну активність. Для контролю цих характеристик, при використанні розчинів соляної кислоти, як основний реагент, застосовується два підходи: перший – це змішування соляної кислоти з органічними кислотами, які виступають як буфер і пролонгатор реакції, що дозволяє створювати більш протяжні червоточини, що підвищує продуктивність свердловини.

Після ОПЗ, а другий підхід – це використання повільно діючої кислоти, яка виходить шляхом змішування кислоти з ПАР (уповільнювачами реакції) [1–5].

Загальні відомості про об'єкти експериментального дослідження Виходячи з вищевказаних відомостей як кандидатів для

використання у складі основної партії КС були досліджені суміші соляної кислоти з органічними кислотами та соляної кислоти з ПАР у різних концентраціях при пластовій температурі (60 °С).

Як методи випробування для досліджень були обрані тести на швидкість реакції кислоти з породою і ступінь розчинення породи в кислоті (розчинна здатність). Кількісна оцінка ефективності тієї чи іншої суміші реагентів проводилася щодо результатів випробувань розчину соляної кислоти без домішок. Додавання органічних кислот і ПАР до розчинів соляної кислоти проводилося з метою не тільки знизити швидкість реакції складу з породою, а й збільшити при цьому розчинну здатність складу, оскільки оптимальним є реагент з найбільш низькою швидкістю реакції при найбільш високій розчиняючій здатності. У додаванні до цього, додатковою метою було знаходження суміші речовин, що пролонгують дію кислоти (що збільшують час нейтралізації).

Аналіз експериментальних досліджень. За основу взяті традиційно використовувані на родовищі розчини соляної кислоти в концентрації 15% і 28%. До них додавалася оцтова кислота з

© Агейчева О.О., 2023

концентраціями 8–13% та мурашина – концентрацією від 5% до 9%. Вимірювання швидкості реакції та розчинної здатності сумішей соляної кислоти з мурашиною та оцтовою кислотами проводилося протягом 3 годин. Відповідно для цієї групи випробувань використовували бюретку з піском/пропантом, що імітують породу. Ступінь розчинення фіксувався через 5, 15, 30, 60, 120 та 180 хв. Наступна група випробувань передбачала дослідження суміші розчинів соляної кислоти з ПАР у концентраціях 0,2%, 0,5% та 1% щодо всієї маси суміші. Випробування проводилися з використанням тих самих методик, обладнання та витратних матеріалів, що і при випробуваннях сумішей соляної та органічних кислот. У табл. 1 наведено дані, що використовуються під час моделювання. Початкові умови: кислотна обробка проводиться у вертикальній свердловині, що добуває, розкриває нафтонасичені інтервали, складені вапняком. Існує два продуктивні близько залягаючі горизонти (високопроникний і низькопроникний), показники яких зазначені у таблиці 1.

Таблиця 1. Основні дані щодо свердловини, що використовуються в моделі

Характеристика	Значення	Розмірність
Тип свердловини	Вертикальна, видобувна	
Стан свердловини	В експлуатації	
Тип колектора	Вапняк	
Альтитуда	20,8	м
Проникність ВП	108,6	$\text{м}^2 \times 10^{-15}$
Проникність НП	4,5	$\text{м}^2 \times 10^{-15}$
Проникність ВП	18,7	%
Проникність НП	17,2	%
Пластовий тиске	17,2	МПа
Пластовий тиск	Вирва на НКТ омінальний діаметр 114	мм

Примітка: відповідно: ВП – верхнього пропластка, НП – нижнього пропластка.

Результати моделювання СКО на свердловині зазначеними вище параметрами, представлені на рисунках 1 та 2. На рисунку 1 можна побачити, що за результатами моделювання закачування рідини з вибою свердловини в пласт не істотно впливає на показник скін-ефекту.

Наприклад, прокачування 28% розчину соляної кислоти знижує скін-фактор в обох продуктивних пропластках.

У продуктивному горизонті з меншою проникністю зменшення скін-ефекту в результаті ОПЗ менше, ніж у високопроникному.

Менший показник зміни скін-ефекту в низькопроникному пропластку порівняно з більш проникним вищележачим пропластком пояснюється тим, що ступінь проникнення кислоти нижній пропласток нижче.

Це підтверджується результатами моделювання, відображеними на рисунку 2, де показано, що в пропласток з більшою проникністю надійшло більше кислоти, ніж нижче значення. Крім того, чим більше по довжині високопроникний канал (червоточина), тим більший показник проникності ПЗП після обробки.

Результати моделювання кислотної обробки з використанням даних по реальному об'єкту розробки підтверджують, що більша частина кислотного складу поглинається більш проникним пропластком (верхнім), що призводить до того, що менш проникний пропласток (нижній) піддається меншому впливу кислоти, або зовсім не залучається до процесу кислотної обробки.

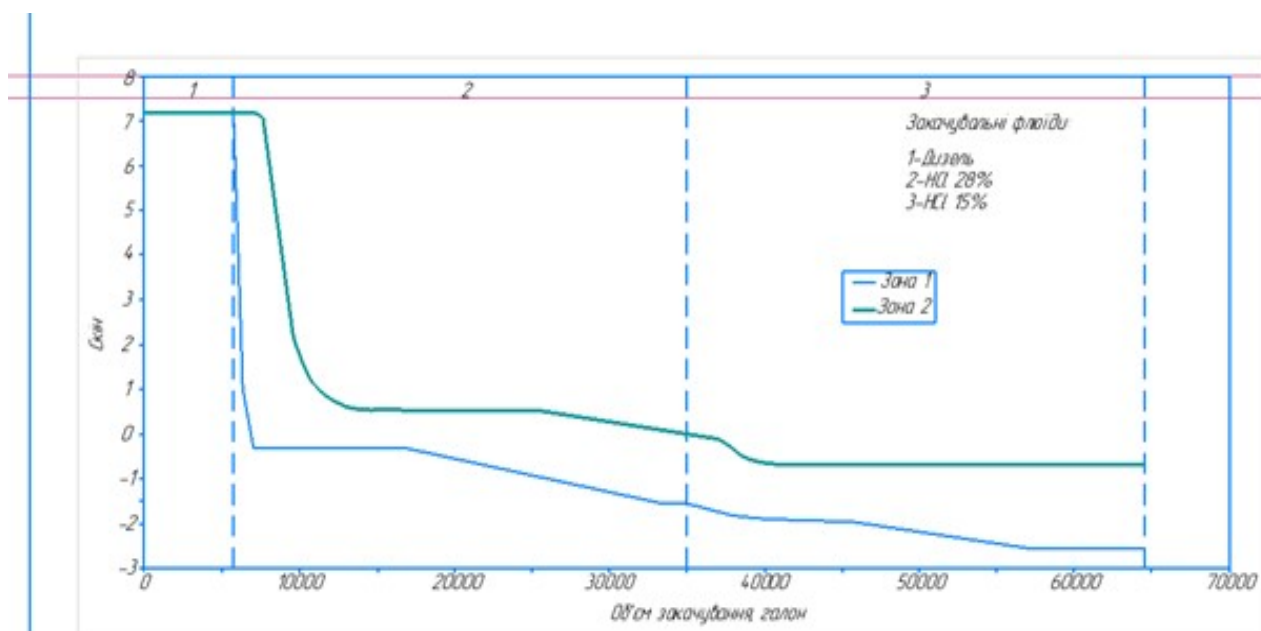


Рис. 1. Зміна скін-фактору під час обробки ПЗП

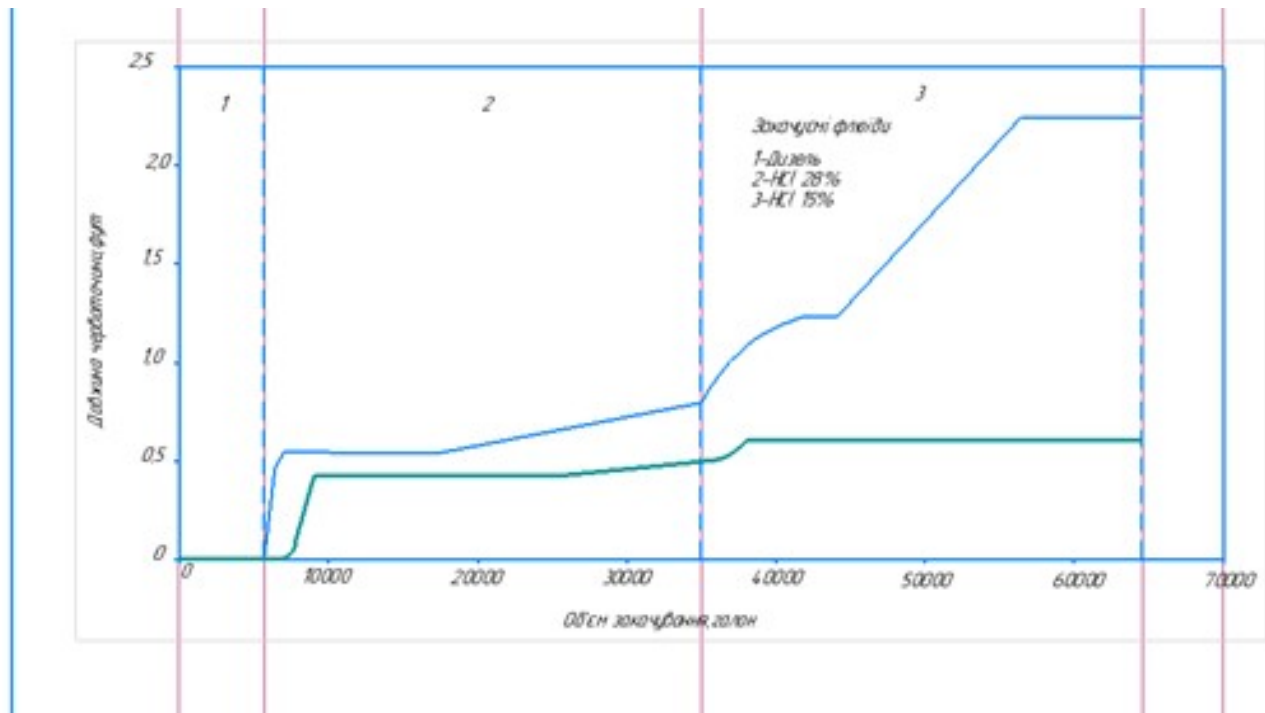


Рис. 2. Динаміка довжини червоточини, що утворюється, протягом КО

Результати моделювання підтверджують необхідність розробки спеціального кислотного складу, що відхиляється для представлених вище умов аналізованого родовища, щоб забезпечити спрямовану обробку низькопроникного пропластка в обхід верхнього.

Проведено комп'ютерне моделювання процесу закачування КС у продуктивний пласт для визначення оптимальних обсягів та швидкості закачування розчинів у ПЗП з метою кислотної обробки. Моделювання проводилось за допомогою програмного забезпечення StimCADE. В різноманітних джерел [6–8] було підкреслено, що якщо після кислотної обробки ПЗП скін-фактор досягає значення – 3, то обробка вважається успішною. Вихідні дані, що були використані у програмі, представлені у табл. 1 та 2.

Таблиця 2. Вихідні дані для розрахунку обсягу та швидкості закачування в програмі

Показник	Значення
Пластова температура	60 °C
Відношення вертикальної проникності до горизонтальної	10
Гradient тиску при гідророзриві	16кПа/м
Радіус зони зниження проникності	30,48 см
Швидкість закачування (середні значення реальних даних щодо швидкостям закачування на розглянутому родовищі)	ГЕКС: 0,8 м ³ /хв. Активна частина кислотного складу 0,5 м ³ /хв. Дизель (для промивання свердловин після обробки): 1,6 м ³ /хв

Тому для досягнення оптимальної та успішної кислотної обробки у програмі було введено значення

скін-фактору – 3, і на підставі цього визначалися оптимальні об'єм та швидкість закачування розчинів у ПЗП.

Рекомендовані значення швидкості обсягу накачування розчинів на основі результатів моделювання представлені в таблиці 3.

Головною метою моделювання є мінімізація значення загального скін-фактора під час кислотної обробки. На підставі цієї мети використана програма дає рекомендацію щодо оптимального обсягу та швидкості закачування розчинів у ПЗП.

Таблиця 3. Оптимальні значення об'єму та швидкості закачування розчинів

Розчин	Швидкість закачування, м ³ /хв	Обсяг закачування, м ³
Дизель (для промивання свердловини перед головною обробкою)	1,0	21,6
ГЕКС	0,7	14,7
Підібраний кислотний склад	0,3	30,2
Дизель (для промивання свердловини після обробки)	1,0	21,6

Подані рисунки, далі за текстом, демонструють візуально представлені результати проведених лабораторних досліджень, спрямованих на визначення наступних характеристик гідрофобізованого емульсійного кислотного складу

(ГЕКС): концентрація емульгатора, в'язкість емульсії та її тиксотропію.

На рисунку 3 показано експериментально певну залежність сили поверхневого натягу від концентрації емульгатора. Як видно з графіка, дослідження проводилися при концентраціях емульгатора від 0,005 до 2% в об'ємному еквіваленті. Емульгатори є дорогими реагентами, тому максимальна концентрація зазвичай не перевищує 2%.

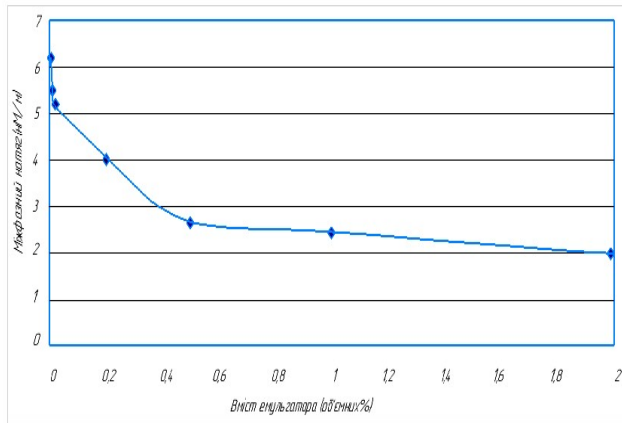


Рис. 3. Експериментально визначена залежність поверхневого натягу від вмісту емульгатора для досліджуваного КС

Внаслідок низки проведених досліджень оптимальним варіантом є концентрація емульгатора в

КС – 0,5%. Пов'язано це, зокрема, з міркувань економіки, оскільки значення концентрації емульгатора рівне 0,5% є точкою перегину, після якої збільшення концентрації меншою мірою впливає зміна поверхневого натягу.

На рис. 4 показано, як змінюється в'язкість ЕКС у міру проходження через колону НКТ до вибою свердловини у процесі проведеного експериментального дослідження. На цьому етапі вимірювання проводилися при температурі 20 °С, протягом 30 хвилин при постійній швидкості зсуву – 10 . Як видно на графіку, через 23 хвилини проведення випробування значення в'язкості падає з рівня 2860 МПа·с до 1480 рівня МПа·с.

Отже, за необхідності закачування в пласт емульсії з меншою в'язкістю, ніж поверхні, таке явище зіграє позитивну роль.

На рис. 5 відображено графік зміни в'язкості ГЕКС при контакті з карбонатною породою, отриманий шляхом моделювання процесу виходу емульсії з НКТ та подальшого його руху в колектор. Дослідження проводилося за пластової температури (60 °С) протягом 90 хвилин. На етапі дослідження в КС поступово додавався CaCO₃ для моделювання процесу первинної витрати кислоти.

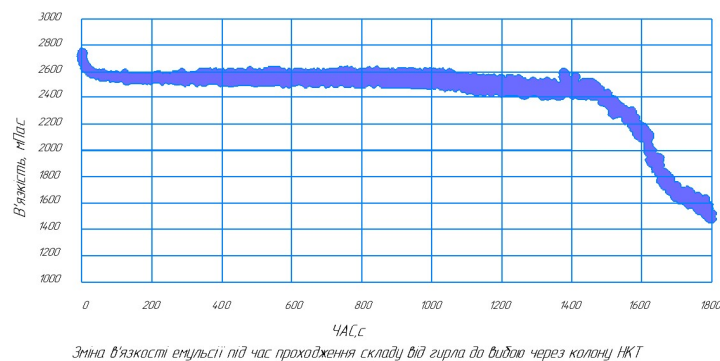
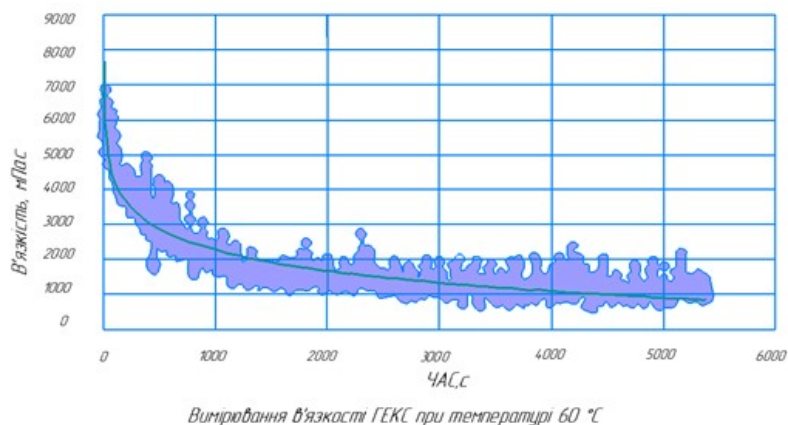


Рис.4. Зміна в'язкості емульсії під час проходження складу від гирла до вибою через колону НКТ



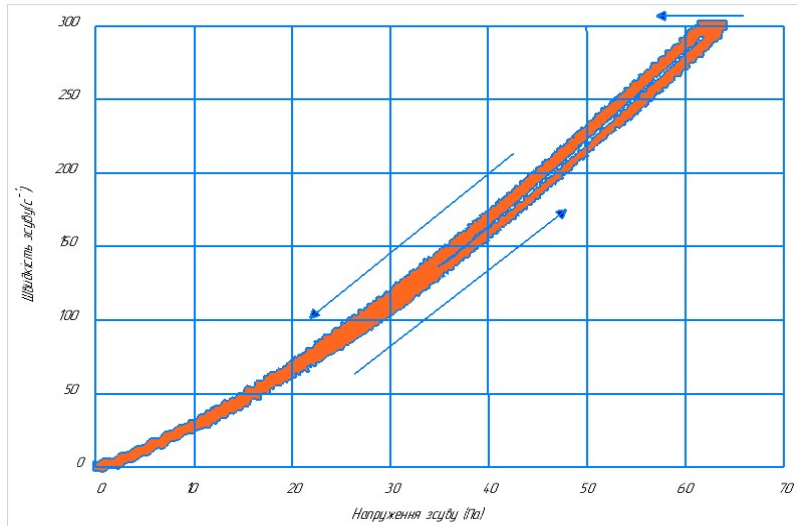


Рис. 6. Тиксотропні властивості емульсії при пластовій температурі (60 °С):

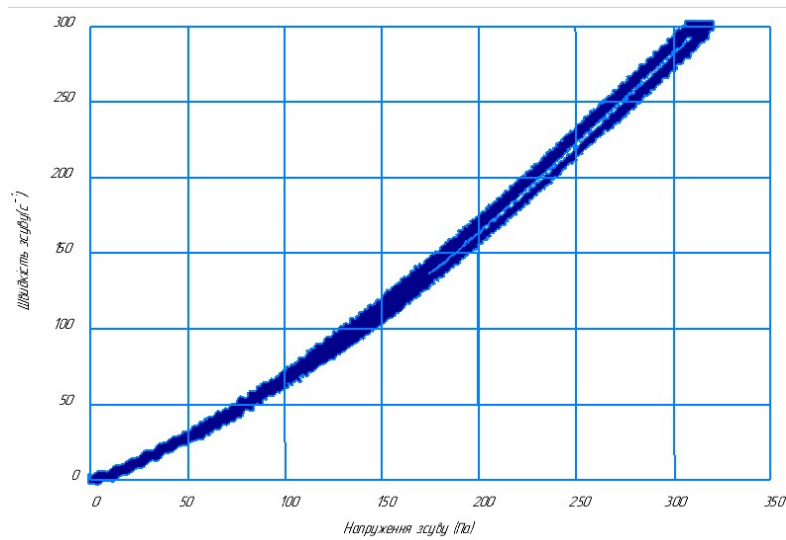


Рис. 7. Тиксотропні властивості емульсії при температурі 20 °С

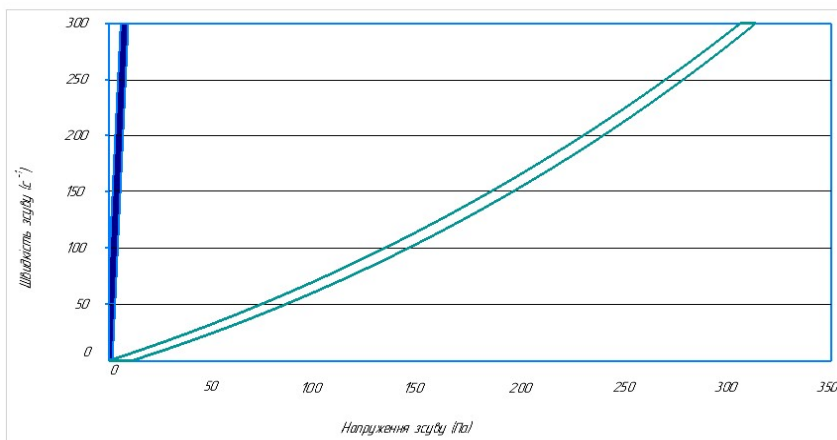


Рис. 8. Тиксотропні властивості ГЕКС до та після проведення ОПЗ:
■ Після обробки пласта — До закінчення в свердловину

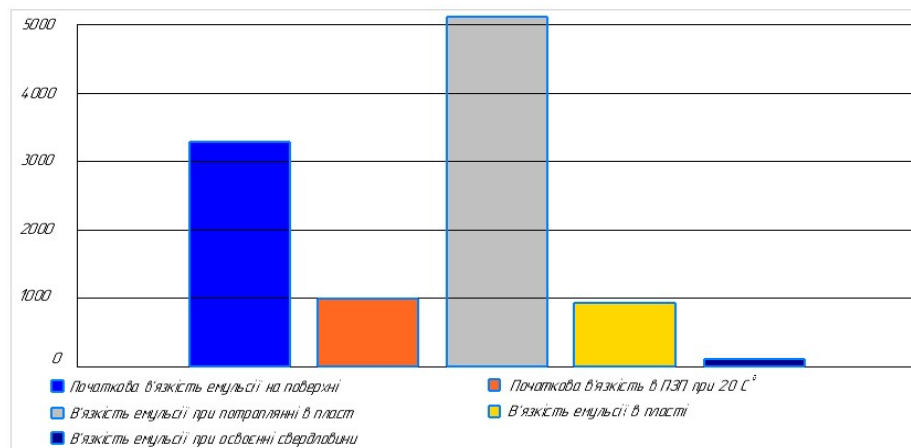


Рис. 9. Динаміка зміни в'язкості щодо всіх етапів КЗ з використанням ЕКС

У момент контакту емульсії з карбонатною породою в'язкість складу швидко зростає, досягаючи максимального рівня щодо всіх інших етапів КО. Такий ефект дозволяє складу заповнювати існуючі тріщини і порожнечі на поверхні породи, що сприяє відхиленню активної частини КС і рівномірному розподілу реагенту по необробленим зонам для подальшого створення нових фільтраційних каналів. За результатами проведеного дослідження виявлено позитивну схильність складу до відпрацювання свердловини після проведення ОПЗ. Як показано на малюнку 1.5 після 90 хвилин реакції КС з породою в'язкість емульсії значно знижується, що полегшує процедуру відпрацювання свердловини та промивання вибою свердловини після ОПЗ.

На рисунках 6 та 7 показані результати досліджень тиксотропних властивостей ГЕКС при пластовій температурі (60 °С) та в нормальних умовах (20 °С) відповідно. Дослідження були спрямовані на отримання петлі гістерезису в залежності від швидкості зсуву – напруга зсуву», що дозволило визначити тиксотропні властивості емульгованого КС, що розробляється. За результатами досліджень при пластовій та нормальній температурі була доведена можливість використання, розробленого ЕКС, як хімічний пакер.

На рисунку 8 показані результати випробувань складу визначення тиксотропних властивостей до і після обробки. Спостерігається істотна відмінність у структурі емульсії до та після ОПЗ. КС після взаємодії з породою не виявляє тиксотропних властивостей, що вказує на високу постреакційну рухливість та здатність до зворотного відтоку відпрацьованого складу із пласта в свердловину.

На рисунку 9 показано динаміку зміни в'язкості щодо всіх етапів КО з використанням ГЕКС. На діаграмі можна виділити 2 пікові значення: 1 – в'язкість КС при контакті з породою; 2 – в'язкість КС на етапі відтоку із пласта (відпрацювання свердловини після ОПЗ). При контакті з породою в'язкість досягає максимального значення, що сприяє

відхиленню реагенту у напрямку цільового інтервалу (зон).

Мінімальне значення в'язкості спостерігається після повного реагування кислоти з породою при відпливі відпрацьованого складу із пласта у свердловину, що дозволяє проводити якісне відпрацювання свердловини після ОПЗ.

ВИСНОВКИ

За результатами проведених аналізу літератури та моделей лабораторних експериментів можна зробити такі висновки.

1. Результати показують, що ГЕКС ефективна для інтенсифікації припливу в карбонатних пластах з продуктивними інтервалами, що кратно відрізняються по ФЕС.

2. Дослідження показали, що емульгатор з олеїною, лінолевою, ліноленою та соляною кислотами дає найбільш стабільну суміш з найвищою в'язкістю та гарною здатністю до відпрацювання. Цей емульгатор рекомендується як один з компонентів ГЕКС (проникність верхнього пропластка збільшена з 0,110 мкм² до 1,632 мкм², а нижче - з 0,0046 мкм² до 0,470 мкм² після процедури відхилення та перенаправлення впливу кислоти.

3. Змішування HCl з органічними кислотами (оцтова та мурашина) дає кращі показники порівняно з чистим розчином соляної кислоти. Використання 15% HCl з ПАР (GF-15 MPS) при концентрації 0,5% забезпечує оптимальну швидкість реакції та швидкість розчинення в порівнянні з іншими вивченими складами шляхом збільшення часу нейтралізації основи, що реагує.

4. Приклади з аналізу експериментальних моделей дослідження лабораторних випробувань нових кислотних компонентів для карбонатного колектора можуть бути застосовані у навчанні студентів за ОП Хімічна інженерія [9–23].

Зазвичай правильні дії студентів дозволяють реалізувати здатності кожного в більш короткий термін, ніж при індивідуальній роботі.

Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти з

додатковим творчими завданнями, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання.

Список літератури

- Arps, J. J. 1945. Analysis of Decline Curves. Trans. AIME, v. 160, p. 228-247.
- Arps, J. J. 1956. Estimation of Primary Oil Reserves. Trans. AIME, v. 207, p. 182-191.
- Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. 2004. Determination of Oil and Gas Reserves, Petroleum Society Monograph Number 1, Chapter 18.
- Canadian Oil and Gas Evaluation Handbook. 2005. Volume 2, Detailed Guidelines for Estimation and Classification of Oil and Gas Resources and Reserves. Section 6: Procedures for Estimation and Classification of Reserves.
- Stotts, W. J., Anderson, D. M., and Mattar, L. 2007. Evaluating and Developing Tight Gas Reserves – Best Practices. SPE paper # 108183 presented at the 2007 SPE Rocky Mountain Oil and Gas Technology Symposium, Denver, CO, USA, 16-18 April, 2007.
- Зезекало І.Г., Іваницька І.О., Агейчева О.О. Основні принципи відновлення продуктивності свердловин закольматованих у процесах буріння та експлуатації методом кислотних обробок. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2020. – № 6 (1360). – С. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
- 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 «ХП», С. 103.
- 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 «ХП», С. 149.
- Svitlana Bukhhalo. 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 «ХП». С. 114.
- Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD2018) 17-19 мая 2018. Х.: Ч. II, с. 201.
- Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХП». – Харків: 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
- Бухкало С.І., Іглінін 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 «ХП». 208 с.
- Bukhhalo 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.
- Товажнський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. Підручник. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
- 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 «ХП». С. 217.
- 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 «ХП», с. 249.
- 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 «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
- 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.
- Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
- S.I. Bukhhalo, J.J. Klemeš, L.L. Tovazhnyansky, O.P. Arsenyeva, P.O. Kapustenko, O.Yu. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. VOL. 70, 2018, pp. 2047–2052.
- 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 «ХП», с. 150.
- Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
- 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 «ХП», с. 170.

References (transliterated)

- Arps, J. J. 1945. Analysis of Decline Curves. Trans. AIME, v. 160, p. 228-247.
- Arps, J. J. 1956. Estimation of Primary Oil Reserves. Trans. AIME, v. 207, p. 182-191.

3. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. 2004. Determination of Oil and Gas Reserves, Petroleum Society Monograph Number 1, Chapter 18.
4. Canadian Oil and Gas Evaluation Handbook. 2005. Volume 2, Detailed Guidelines for Estimation and Classification of Oil and Gas Resources and Reserves. Section 6: Procedures for Estimation and Classification of Reserves.
5. Stotts, W. J., Anderson, D. M., and Mattar, L. 2007. Evaluating and Developing Tight Gas Reserves – Best Practices. SPE paper # 108183 presented at the 2007 SPE Rocky Mountain Oil and Gas Technology Symposium, Denver, CO, USA, 16-18 April, 2007.
6. Zezekalo I.G., Ivanič'ka I.O., Agejcheva O.O. Osnovni principii vidnovlennja produktivnosti sverdlovin zakol'matovanih u procesah burinnja ta eksploatacii metodom kislotnih obrobok. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 6 (1360). – pp. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
7. Agejcheva O.O., Zezekalo I.G., Bukhhalo S.I. Zagal'ni sistemi analizu viddachi plastiv sverdlovin. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD2020) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». p. 103.
8. Zezekalo I.G., Bukhhalo S.I., Agejcheva O.O. Dejaki zadachi z pidvishhennja viddachi plastiv sverdlovin. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2020) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI». p. 149.
9. Svitlana Bukhhalo. The systems and models for complex polymer solid waste. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2020) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. Kharkiv: NTU «KhPI». p. 114.
10. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. nprakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
11. Bukhhalo S.I., Agejcheva 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
12. Bukhhalo 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.
14. Tovazhnyansky L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah. Pidruchnik. K.: CNL, 2011. 832 p.
15. Bukhhalo S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih 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». 217 p.
16. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonirnostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II./za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
17. Bukhhalo S.I., Agejcheva 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/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – C. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
18. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidprijemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17-19 maja 2017. Kh.: Ch. III, – p. 14.
19. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vikladannja disciplini osnovi proektuvannja obladnannja himichnih virobniectv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 13-22.
20. S.I. Bukhhalo, J.J. Klemeš, L.L. Tovazhnyansky, O.P. Arsenyeva, P.O. Kapustenko, O.Yu. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. VOL. 70, 2018, pp. 2047–2052.
21. Agejcheva A.O., Agejcheva O.O. Mozhly'vi pry'chy'ny' zny'zhennja fil'tracijny'x xaraktery'sty'k pry'vy'bijnoyi zony' plasta. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ja: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 150..
22. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vikladannja disciplini osnovi proektuvannja obladnannja himichnih virobniectv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 13-22.
23. S. Bukhhalo. The system and models of complex treatment of industrial effluents. Информационные технологии: наука, техника, технология, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kh.: NTU «KhPI», pp. 170.

Надійшла (received) 19.09.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Агейчева Олександра Олександрівна (Agejcheva Olexandra Olexandrivna) – голова циклової комісії бурових дисциплін Полтавського фахового коледжу нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0140-9604>;

e-mail: agejcheva@ukr.net

С. П. ІГЛІН

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗІ ЗМІННИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Розглядається побудова математичних моделей складних хімічних процесів, коли в різні моменти часу на результат хімічної реакції діють різні чинники. Використовується метод найменших квадратів. Цей матеріал може бути використаний для навчання студентів ЗВО в дисциплінах Математична статистика, Чисельні методи, Загальні технології харчових виробництв, Харчова хімія та ін. Приклади з аналізу експериментальних моделей дослідження лабораторних випробувань нових кислотних компонентів для карбонатного колектора можуть бути застосовані у навчанні студентів за ОП Хімічна інженерія.

Ключові слова: математична модель, аналітичний вираз, точка перемикавання, метод найменших квадратів, мінімізація функції.

Вступ.

Інколи ми не можемо описати хімічний процес однією математичною моделлю, тому що в різні моменти часу на результат хімічної реакції діють різні чинники. Тоді доводиться будувати різні математичні моделі на різних проміжках часу. Часто навіть невідома точка перемикавання, тобто момент часу, коли відбувається перехід до іншої математичної моделі. Розглянемо можливість побудови таких математичних моделей. Для розрахунків будемо використовувати електронні таблиці Microsoft Excel [1] і математичний пакет MATLAB та його розширення Statistics And Machine Learning Toolbox [2].

Попередні дослідження.

Досліджень у цьому напрямку небагато. Так, в [3] розв'язується подібна задача, але там момент переходу з однієї моделі до іншої заздалегідь відомий. Ми розв'яжемо цю задачу у випадку, коли точка перемикавання теж підлягає визначенню.

Постановка задачі.

Концентрація деякого продукту під час хімічної реакції змінюється з часом за даними, наведеними у табл. 1.

Відкриємо електронну таблицю Excel з пакету Microsoft Office. Занесемо дані до нового аркушу таблиці у комірки A2:A42 та B2:B42. У комірки A1 та B1 можна занести назви стовпців.

В залежності від локалі операційної системи (українська, англійська, російська) десяткові крапки

інколи треба замінити комами. Коли електронна таблиця розпізнала введені дані як число, то за умовчанням воно буде притиснуте до правого краю комірки. Якщо такого немає, перевірте ще раз введені дані: там є якийсь нечисловий символ.

Нарисуємо експериментальні точки. Для цього виділимо стовпці А та В разом із першим рядком заголовків, потім натискаємо “Вставка” → “Гистограма” → “Все типи діаграм...” → обрати точковий графік без ліній. Результат показаний на рис. 1. Точки на графіку нагадують S-подібну криву.

Побудова математичної моделі.

Аналіз умов проведення реакції показує, що на її початку, від $t = 0$ до якогось невідомого моменту часу t_0 , коли концентрація продукту ще мала, вона зростає як квадрат часу: $y = at^2$. А потім, при $t > t_0$, у реакцію втручаються інші чинники, і вона уповільнюється, а концентрація продукту на виході зростає лише до якогось граничного значення y_{\max} за моделлю насичення $y = b_1(1 - e^{-b_2x})$. Загальна математична модель у цьому випадку має вигляд:

$$y = \begin{cases} at^2; & t \leq t_0; \\ (y_{\max} - y_0)(1 - e^{-v(t-t_0)}) + y_0; & t > t_0. \end{cases} \quad (1)$$

Вигляд кривої для цієї моделі показаний рис. 2.

Треба визначити параметри цієї моделі за заданими експериментальними даними.

Таблиця 1. Залежність концентрації від часу

t_i	y_i	t_i	y_i	t_i	y_i	t_i	y_i
0	0,158249	55	12,655893	105	30,095252	155	35,468551
5	0,158249	60	12,066487	110	31,811334	160	37,327559
10	0	65	14,937365	115	31,981744	165	36,858254
15	1,344800	70	17,084004	120	33,623338	170	38,080774
20	2,068071	75	18,141082	125	34,485335	175	35,511149
25	1,992528	80	21,870441	130	35,833799	180	37,049539
30	3,322536	85	22,977869	135	34,800185	185	36,351491
35	3,354825	90	26,973389	140	33,667757	190	39,738952
40	4,681638	95	27,215924	145	35,070968	195	38,154333
45	7,171400	100	29,405897	150	37,139916	200	38,667609
50	9,327803						

© Іглін С.П., 2023

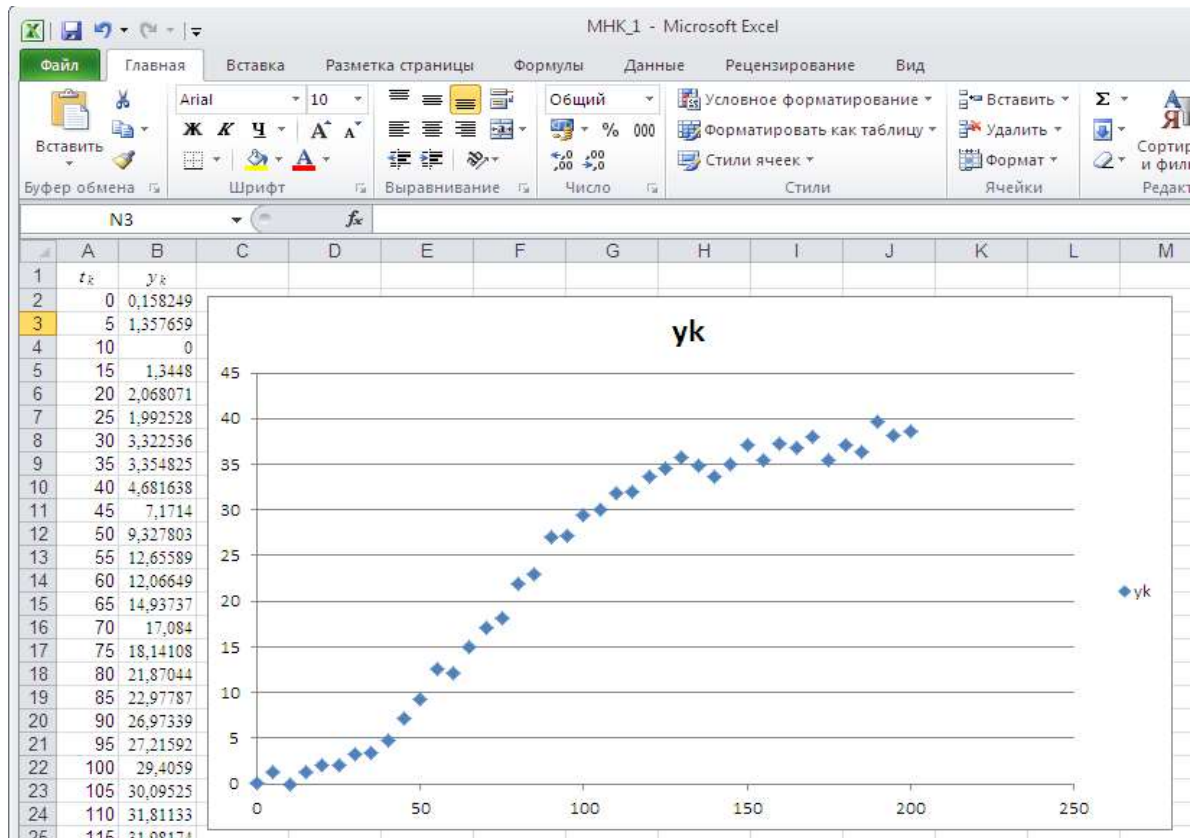


Рис. 1. Графік експериментальних точок з табл. 1.

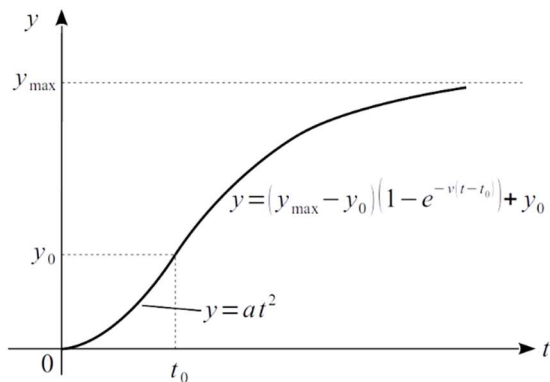


Рис. 2. Модель з різними аналітичними виразами

Аналіз моделі.

У цієї моделі п'ять невідомих параметрів: коефіцієнт параболи a , абсциса та ордината точки перемикання t_0, y_0 , коефіцієнт спадання швидкості зростання концентрації v та граничний рівень, до якого вона зростає, y_{\max} . Але на ці п'ять параметрів накладаються дві умови: неперервність та гладкість у точці перемикання (t_0, y_0) . Адже концентрація у процесі реакції змінюється не стрибками і зламами, а неперервно та гладко. Це означає, що при $t = t_0$ значення обох виразів у формулі (1) та їхніх похідних повинні співпадати:

$$\begin{cases} at_0^2 = y_0; \\ 2at_0 = (y_{\max} - y_0)v. \end{cases} \quad (2)$$

Звідсіля можна виключити два якихось параметри моделі, а залишити лише три. При розв'язанні системи нелінійних рівнянь нам треба буде задавати початкові значення параметрів. Дивлячись на графік, легше оцінити приблизно координати точки перемикання (t_0, y_0) та максимальне значення y_{\max} . Тому вилучаємо з системи (2) a та v :

$$\begin{cases} a = \frac{y_0}{t_0^2}; \\ v = \frac{2y_0}{t_0(y_{\max} - y_0)}. \end{cases} \quad (2)$$

Тоді математична модель (1) набуває вигляду:

$$y = \begin{cases} y_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^2; & t \leq t_0; \\ (y_{\max} - y_0) \times \left(1 - \exp\left(-\frac{2y_0(t - t_0)}{t_0(y_{\max} - y_0)}\right)\right) + y_0; & t > t_0. \end{cases} \quad (3)$$

Тепер математична модель нашої задачі залежить лише від трьох параметрів: t_0, y_0 та y_{\max} .

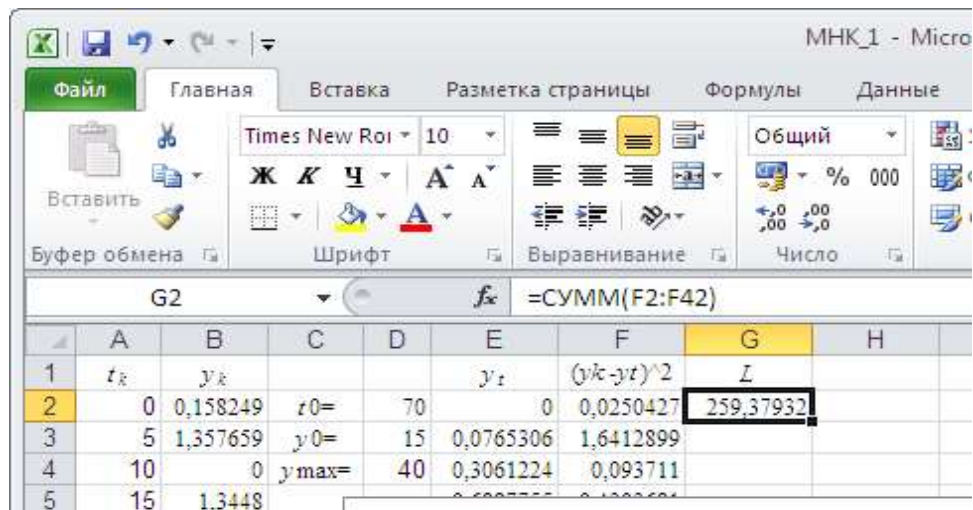


Рис. 2. Обчислення функції правдоподібності L

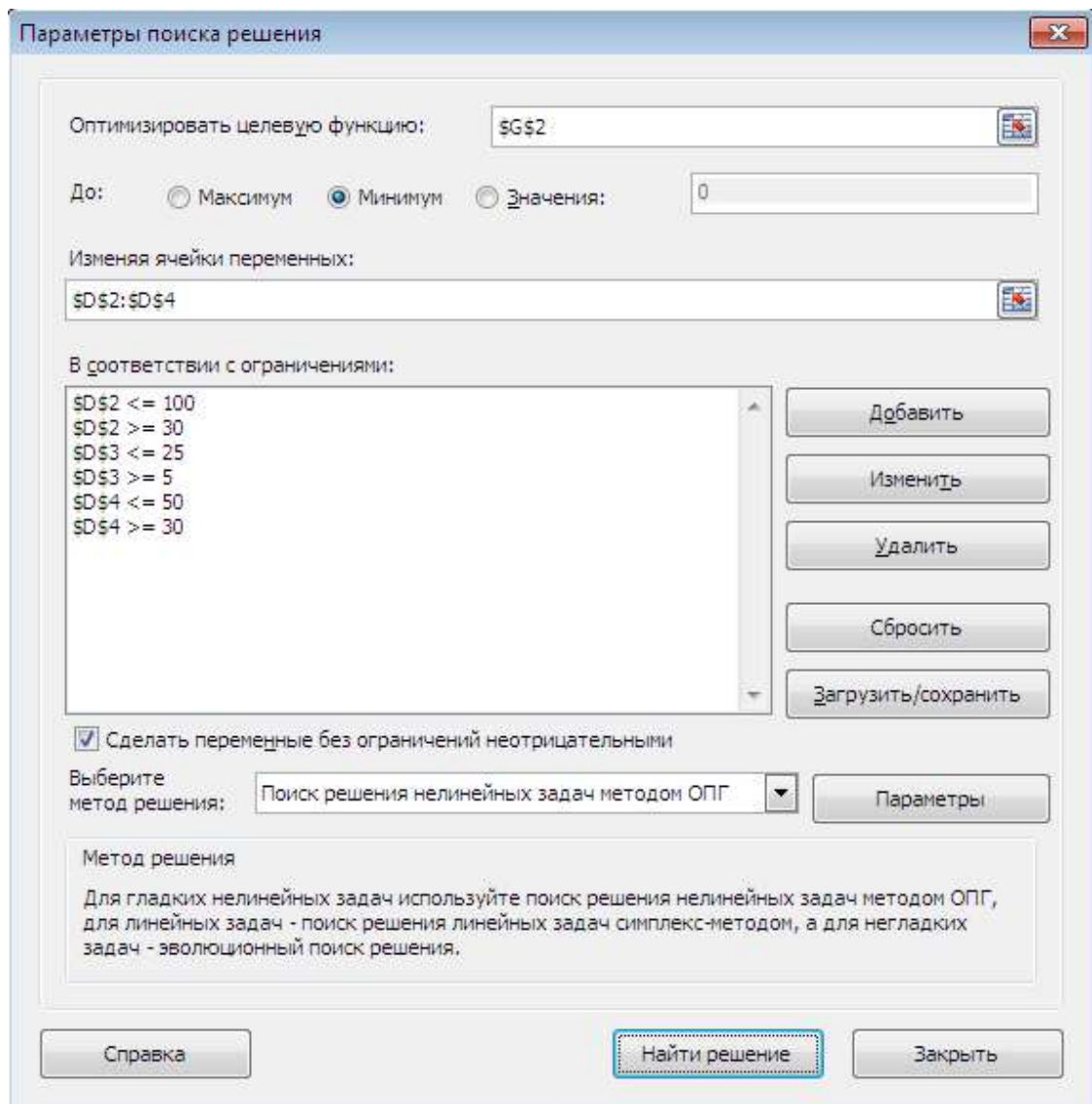


Рис. 3. Параметры оптимізації

	A	B	C	D	E	F	G
1	t_k	y_k			y_t	$(y_k - y_t)^2$	L
2	0	0,158249	$t_0 =$	76,2	0	0,0250427	33,597767
3	5	1,357659	$y_0 =$	20	0,0861454	1,6167469	
4	10	0	$y_{max} =$	38,5	0,3445815	0,1187364	

Рис. 4. Результат розв'язання задачі оптимізації

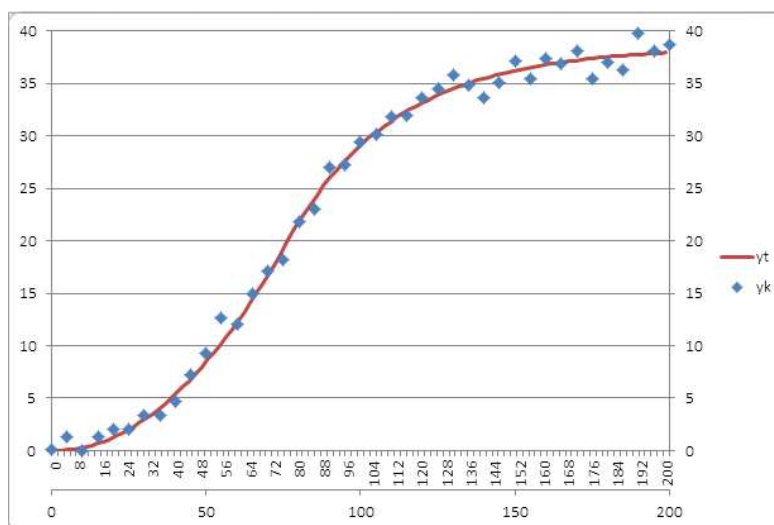


Рис. 5. Теоретична крива та експериментальні точки

Метод найменших квадратів.

Параметри моделі будемо визначати за допомогою методу найменших квадратів – класичного методу математичної статистики [4]. Його застосування полягає в мінімізації функції правдоподібності, яка в нашому випадку виглядає так:

$$L(t_0, y_0, y_{\max}) = \sum_{i=1}^n (y_i - y(t_i, t_0, y_0, y_{\max}))^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

При мінімізації функції треба задати якість початкове наближення. З графіку приблизно оцінюємо початкові значення параметрів моделі: $t_0 = 70$; $y_0 = 15$; $y_{\max} = 40$. Заносимо ці дані в комірки D2:D4. У комірку E2 заносимо формулу для обчислення теоретичного значення, що реалізує (3). В англійській локалі вона має вигляд:

$$=IF(A2<\$D\$2;\$D\$3*(A2/\$D\$2)^2;(\$D\$4-\$D\$3)*(1-EXP(-2*\$D\$3*(A2-\$D\$2)/(\$D\$2*(\$D\$4-\$D\$3))))+\$D\$3)$$

Копіюємо її в комірки E3:E42 – матимемо стовпчик E з теоретичними значеннями y . У стовпчик F заносимо квадрат різниці між експериментальним та теоретичним значенням для кожного t . Для цього в комірку F2 заносимо формулу: $=(B2-E2)^2$ і копіюємо її у комірки F3:F42. І, нарешті, в комірку G2 заносимо обчислення суми чисел, що містяться у стовпчику F: $=SUM(F2:F42)$

Це буде функція правдоподібності L , що залежить від аргументів t_0, y_0, y_{\max} . Цей стан аркушу таблиці показаний на рис. 2. Далі треба мінімізувати цю функцію, змінюючи її аргументи. Для розв'язання задачі оптимізації у MS Excel є спеціальна надбудова: “Данные” → “Анализ” → “Поиск решения”. Якщо цього пункту немає, треба його включити: “Файл” → “Параметры” → “Настройки”. У вікні праворуч виділити “Поиск решения” та натиснути кнопку “Перейти...”. Відкриється вікно “Настройки”, у ньому треба позначити пункти “Поиск решения”, “Пакет анализа” та “Пакет анализа – VBA”. Після підтвердження цих дій потрібна надбудова буде доступна.

Запускаємо розв'язувач (“Данные” → “Поиск решения”). Встановлюємо його опції (рис. 3).

Цільова функція: у комірці $\$G\2 . Мета оптимізації: мінімум. Аргументи: у комірках $\$D\$2:\$D\4 .

У цій задачі краще додати обмеження на змінні. З рис. 1 ми бачимо, що, скоріш за все, $t_0 \in [30; 100]$; $y_0 \in [5; 25]$; $y_{\max} \in [30; 50]$.

Ці обмеження задаються кнопкою “Добавить”. Синтаксис там очевидний: задаємо ліву частину, знак, праву частину.

Метод розв’язання: можна залишити метод узагальненого понижуючого градієнту, тому що функція L_{\min} неперервно-диференційовна за своїми аргументами t_0, y_0, y_{\max} . Натискаємо кнопку “Найти

решение”, потім “Сохранить решение”, і отримуємо результат, показаний на рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**: $t_0 = 76,2$; $y_0 = 20$; $y_{\max} = 38,5$.

Отримали математичну модель:

$$y = \begin{cases} 0,00344445t^2; & t \leq 76,2; \\ 18,5(1 - e^{-0,02837(t-76,2)}) + 20; & t > 76,2. \end{cases} \quad (4)$$

Тут пораховані всі проміжні коефіцієнти. Далі стандартними засобами Microsoft Excel рисуємо графік знайденої теоретичної кривої з накладанням на нього експериментальних точок. Цей графік показаний на рис. 5.

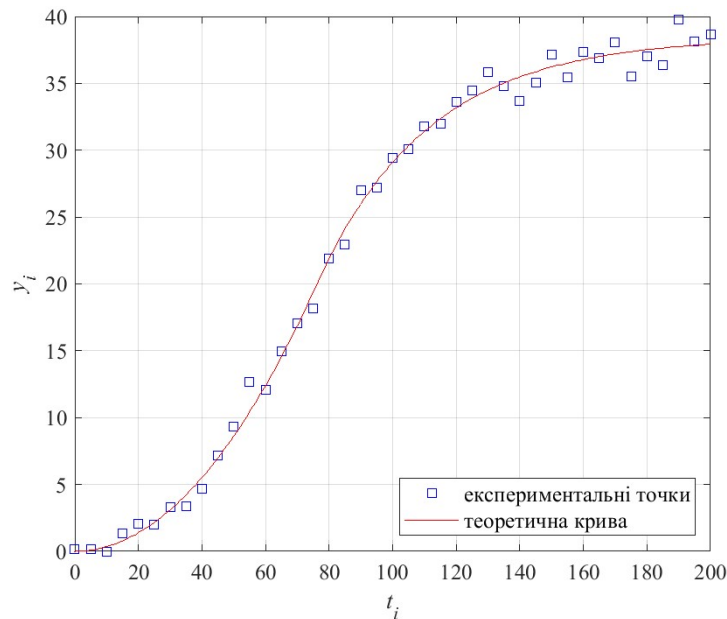


Рис. 7. Результати розрахунків у MATLAB

Висновки з розв’язання задачі в MATLAB.

Занесемо дані з табл. 1 в текстовий файл $tiyi.txt$ у вигляді двох стовпців: перший – аргументи t_i , другий – значення функції y_i . Запустимо MATLAB, відкриємо редактор, занесемо в нього такі команди і збережемо:

```
clear % очистили пам'ять
close all % закрили вікна фігур
clc % очистили командне вікно
load("tiyi.txt"); % ввели дані
ti=tiyi(:,1); % аргументи
yi=tiyi(:,2); % значення функції
% рівняння теоретичної кривої
fun=@(b,t)b(2)*(t/b(1)).^2.*(t<=b(1))+...
((b(3)-b(2))*(1-exp(-2*b(2)*(t-b(1)))/...
(b(1)*(b(3)-b(2)))))+b(2)).*(t>b(1));
b0=[70 15 40]; % початкові наближення
b=nlinfit(ti,yi,fun,b0); % оптимізація
% друкуємо результати
disp("Параметри моделі:") % друкуємо
fprintf("t0=%5.2f\n y0=%5.2f"+...
"\nymax=%5.2f\n",b)
a=b(2)/b(1)^2; % інші параметри
nu=2*b(2)/(b(1)*(b(3)-b(2)));
disp("Математична модель:")
fprintf("y=%10.8f*t^2; t<=%5.2f\n",a,b(1));
fprintf("y=%5.2f*(1-exp(-%10.8f*(t-")+...
```

```
%5.2f)))+%5.2f; t>%5.2f\n",...
b(3)-b(2),nu,b(1),b(2),b(1));
% теоретична крива для графіка
tt=min(ti):max(ti); % абсциси
yt=fun(b,tt); % ординати
% рисуємо графік
figure("Position",[100 100 600 480]) % вікно
plot(ti,yi,"bs",tt,yt,"r-") % графіки
ht=legend("експериментальні точки",...
"теоретична крива",...
"Location","southeast"); % надпис
grid("on") % сітка
box("on") % обмежувальний прямокутник
xlabel("\itt_{i}") % мітка осі Ox
ylabel("\ity_{i}") % мітка осі Oy
set(gca,"FontName","Times New Roman",...
"FontSize",12) % змінили шрифт вікна
set(ht,"FontName","Times New Roman",...
"FontSize",12) % змінили шрифт надпису
print("Ris7","-dpng") % зберегли рисунок
```

Запустимо цей скрипт на розрахунок: натиснемо клавішу F5. В результаті в командному вікні MATLAB будуть надруковані результати:

```
Параметри моделі:
t0=76.19
y0=20.00
ymax=38.48
```

Математична модель:

$$y=0.00344557*t^2; \quad t \leq 76.19$$

$$y=18.48*(1-\exp(-0.02841713*(t-76.19))) + 20.00; \quad t > 76.19$$

Буде також створений рисунок, який збережеться у файлі Ris7.png.

Приклади з аналізу експериментальних моделей дослідження та лабораторних випробувань інноваційних технологій розвитку різновидів галузей можуть бути застосовані у навчанні студентів за освітньою програмою Хімічна інженерія.

Список літератури

1. Lambert J., Frye C. Microsoft Excel Step by Step (Office 2021 and Microsoft 365). Pearson Education, 2022, 67 p.
2. MATLAB Statistics And Machine Learning Toolbox User's Guide. MathWorks, 2023, 11716 p.
3. 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
4. Кравченко В.О., Бухкало С.І., Іглін С.П. Приклади визначення складових інформаційних та обчислювальних технологій для різновидів галузей промисловості. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2022. – № 1(1363). – С. 70–78. doi: 10.20998/2220-4784.2022.01.11
5. O.P. Prishchenko, N.V. Cheremskaya, T.T. Chernogor, S.I. Bukhhalo. Innovative methods of teaching the discipline higher mathematics to students studying chemical technology and engineering. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2022. – № 1(1363). – С. 30–37. doi: 10.20998/2220-4784.2022.01.05
6. O.P. Prishchenko, N.V. Cheremskaya, T.T. Chernogor, S.I. Bukhhalo. Examples of information technologies for reconstruction from the data of the spectrum of some classes

of random functions. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2022. – № 1(1363). – С. 38–43. doi: 10.20998/2220-4784.2022.01.06

7. Іглін С.П. Теорія ймовірностей і математична статистика на базі MATLAB (навч. посібник). Харків: НТУ «ХПІ», 2006. 612 с.

References (transliterated)

1. Lambert J., Frye C. Microsoft Excel Step by Step (Office 2021 and Microsoft 365). Pearson Education, 2022, 67 p.
2. MATLAB Statistics And Machine Learning Toolbox User's Guide. MathWorks, 2023, 11716 p.
3. 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/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
4. Kravchenko V.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Prikladi viznachennja skladovih informacijnih ta obchisljuval'nih tehnologij dlja riznovidiv galuzej promislovosti – Visnyk NTU «KhPI», №1 (1363), 2022. Kharkiv: NTU «KhPI», pp 70–78.
5. O.P. Prishchenko, N.V. Cheremskaya, T.T. Chernogor, S.I. Bukhhalo. Innovative methods of teaching the discipline higher mathematics to students studying chemical technology and engineering. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2022. – № 1(1363). – С. 30–37. doi: 10.20998/2220-4784.2022.01.05
6. O.P. Prishchenko, N.V. Cheremskaya, T.T. Chernogor, S.I. Bukhhalo. Examples of information technologies for reconstruction from the data of the spectrum of some classes of random functions. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2022. – № 1(1363). – С. 38–43. doi: 10.20998/2220-4784.2022.01.06
7. Iglin S.P. Teoriya imovirnostey I matematychna statystyka na bazi MATLAB. (navch. posibnyk). Kharkiv: NTU «KhPI», 2006. 612 p.

Надійшла (received) 19.09.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Іглін Сергій Петрович (Iglin Sergii Petrovych) – кандидат технічних наук, професор НТУ «ХПІ», професор кафедри комп'ютерної математики і аналізу даних, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9144-7427>;

e-mail: iglin@ukr.net

S. P. IGLIN

MATHEMATICAL MODELS OF CHEMICAL PROCESSES WITH VARIABLE CHARACTERISTICS

The article discusses the construction of mathematical models of complex chemical processes when different factors act on the result of a chemical reaction at different points in time. The method of least squares is used. This material can be used to teach university students in the disciplines of Mathematical Statistics, Numerical Methods, General Technologies of Food Production, Food Chemistry, etc. Applications from the analysis of experimental research models and laboratory testing of innovative technologies for the development of different types of galusa can be supported by incoming students in the chemical engineering program. Examples from the analysis of experimental research models of laboratory tests of new acid components for a carbonate collector can be applied in the training of students in the Chemical Engineering educational program.

Keywords: mathematical model, analytic expression, switching point, least squares method, function minimization.

О. С. ОПРИШКІН

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СПРОЩЕНОЇ МОДЕЛІ ФАКТОРНОГО ВПЛИВУ НА ОДНОРІДНІСТЬ ПОМЕЛУ ЗЕРНА КАВИ

У статті розглянуто результати експериментального визначення значень часу помелу кави, швидкості обертання валу двигуна та температури на статорі двигуна за допомогою спроектованої інформаційно-вимірювальної системи на основі платформи Arduino Nano 3.0. Для помелу зерна кави була використана кавомолка Mahlkönig EK 43. Представлено структурно-функціональну схему та схему електричного з'єднання елементів вимірювальної системи. Запропонована спрощена модель факторного впливу на однорідність помелу зерна кави. На підставі проведеного дисперсійного аналізу спрощеної моделі факторного впливу отримані значення кількості інформації по кожному з параметрів, що впливають на однорідність помелу при урахуванні їх взаємного впливу. Встановлено, що час помелу дає найбільшу кількість інформації і є головним фактором, який суттєво впливає на однорідність помелу.

Ключові слова: факторний вплив, дисперсійний аналіз, однорідність помелу, кількість інформації, зерно кави, показник контролю.

Вступ.

Мелену каву для виготовлення еспресо у кавовій машині одержують за допомогою кавомолки. Кава еспресо готується, коли гаряча вода під тиском нагнітається через шайбу із кавовим порошком при оптимальній масовій витраті 1 г/с.

Відомо [1], що для приготування кави за різними рецептурами необхідно використовувати й сировину різного розміру помелу. На отримання конкретної дрібноти помелу впливають ряд факторів, які треба враховувати перед тим як закладати зерна у кавомолку. Проблеми визначення величини факторного впливу конкретного показника на якість та однорідність помелу цікавлять як вітчизняних, так і світових вчених [1 – 5].

У роботі [2] зазначено, що смак кавового напою напряму залежить від розмірів помелених частинок і однорідності помелу кави. Факторами впливу є походження кавових бобів і температури при якій здійснюється подрібнення обсмаженої кави. Екстракція кави напряму залежить від хімічного складу води, а також від площі поверхні кавової шайби.

Встановлено [3], що фізико-хімічні характеристики кави: загальний вміст фенолів, рН і кислотність залежать від ступеня помелу кавового зерна.

Дослідження закордонних вчених [4] демонструють експерименти з вивчення ключових факторів, які впливають на різні способи приготування кави. Отже, стає цілком очевидним, що отримання різних ступенів помелу зерна кави для забезпечення можливості регулювання масової витрати і швидкості потоку кави при приготуванні різних рецептур напою є вкрай важливим завданням, яке неможливо вирішити без визначення як факторного впливу так і ступеню значущості того, або іншого фактору [5].

Схема експерименту по визначенню факторного впливу повинна враховувати факторами, що входять

у нього та способами комбінування різних рівнів різних факторів [6].

У якості найпростішої міри розсіювання може використовуватися дисперсійний аналіз, що надає можливість проводити порівняння впливу факторів з урахуванням їх випадковості [7]. Якщо визначено, що ступень розсіювання обумовлена спільною дією ряду випадкових причин та зміною рівнів факторів, тоді стає можливим отримати оцінку загальної дисперсії відгуку і оцінки дисперсій усіх факторів, що впливають та знайти оцінку залишкової дисперсії. Далі, використовуючи статистичні критерії порівняння дисперсій, можна ранжувати фактори за ступенем їх впливу на розсіювання загального відгуку.

Аналіз літературних даних.

У роботі [8] представлено новий тестовий метод контролю системи помелу зерна кави. Тестування подібних систем необхідно, бо невизначеність їх характеристик впливає на точність отримання вимірювальної інформації на етапі вимірювального контролю. Зазначено, що невизначеність результатів вимірювань значень показника якості помелу пов'язана з рядом факторів, а саме із суб'єктивним впливом фахівця-оператора, ступенем обсмаження зерна кави, вологість зерна, швидкість обертання валу двигуна.

У роботі [9] виявлено ряд чинників, які впливають на однорідність помелу, що пов'язані із кліматичними умовами, параметрами сировини та режимами, на яких здійснюється помел. Представлено результат експерименту, метою якого було визначення ступеню кореляції між кількістю обертів валу двигуна кавомолки, часом помелу і його однорідністю.

У роботі [10] обґрунтовано необхідність використання математичної моделі факторного впливу на однорідність помелу зерна кави для визначення ступеня впливу кожного із факторів.

© Опришкін О. С., 2023

Показана математична модель, яка створена на підставі загальної моделі дисперсійного аналізу.

Запропонована модель враховує вплив чотирьох основних факторів на однорідність помелу, а саме: час помелу, геометричні розміри зерна, вологість зерна, швидкість обертання валу двигуна на якому закріплено жорнова [10].

У роботі [11] запропоновано створення інформаційно-вимірювальної системи (IBC) для контролю режимів помелу зерна кави.

Отже, проведений аналіз літературних джерел показав зацікавленість світової й вітчизняної наукової спільноти у вирішенні проблем, що пов'язані з процесом помелу зерна кави.

Метою даного дослідження є експериментальне визначення за допомогою розробленої інформаційно-вимірювальної системи значень час помелу кави, швидкості обертання валу двигуна, температури на статорі двигуна та кількості інформації про значення однорідності помелу по кожному із показників контролю при урахуванні їх взаємного впливу на підставі дисперсійного аналізу спрощеної моделі факторного впливу.

Експериментальна частина

Для проведення помелу зерна кави була використана кавомолка Mahlkönig EK 43. Для контролю її основних параметрів було розроблено IBC.

У роботі [10] встановлено фактори, які роблять суттєвий вплив на однорідність помелу: час помелу, швидкості обертання валу двигуна кавомолки, температура на статорі двигуна, бо вона розігріває усю кавомолку і змінює вологість зерна кави.

Для створення IBC було обрано датчики температури й кількості обертів валу двигуна. Також до стенду IBC входять: платформа Arduino Nano 3.0, електромагніт (Electromagnet), що здатний утворювати коливання бункера із набором сит (Set of sieve), модуль із датчиком Холла (Sensor 1), датчик температури DS18B20 (Sensor 2), цифровий відліковий пристрій LCD 1602 (DRD), блок живлення [11].

Підключення до персонального комп'ютера реалізовано через USB Mini – B, який є у складі Arduino Nano 3.0. Програмування мікроконтролера з персонального комп'ютера здійснюється через USB Mini – B.

Структурно-функціональна схема розробленої IBC з кавомолкою Mahlkönig EK 43 представлено на рис. 1.

Якість помелу пропонується оцінювати за допомогою бункера із ситами. Завдяки цьому є можливість визначити і розділити склад помеленої кави методом просіювання через отвори 1,5 мм, 1,0 мм і 0,5 мм [11].

Початкова вологість зерна кави була 12 %RH. Відстань між жорновими, була встановлена 0,5 мм.

Оберти валу двигуна підтримувались на рівні 850 об/хв яке визначено найефективнішим у попередніх дослідженнях [11].

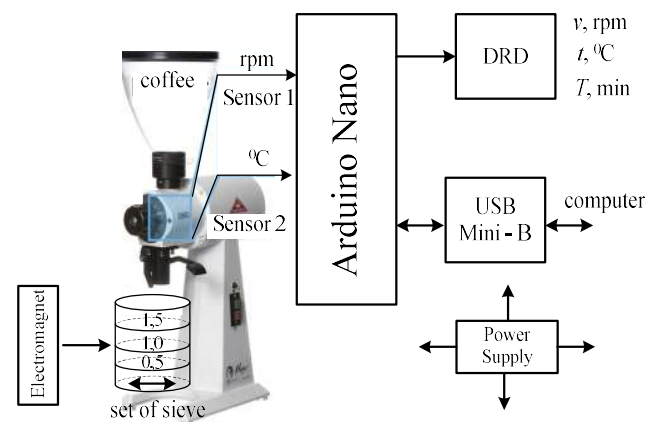


Рис. 1 – Структурно-функціональна схема IBC із кавомолкою Mahlkönig EK 43

Схема електричного з'єднання Arduino Nano із модулем датчика Холла LM393 та дисплеєм LCD 1602 представлено на рис. 2.

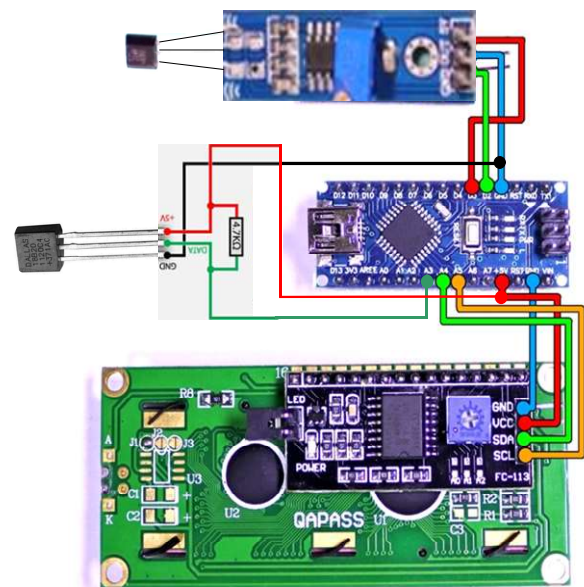


Рис. 2 – Схема електричного з'єднання Arduino Nano із модулем датчика Холла LM393 та дисплеєм LCD 1602

Робота системи проходить у такий спосіб. Стандартна кавомолка Mahlkönig EK 43 здійснює порційний помел зерна кави. Розмелена кави потрапляє до бункера з набором сит. Просіювання кави відбувається за допомогою електромагніту змінного струму, що завдяки дії електромагнітного поля притягає, а потім відпускає бункер, забезпечуючи просіювання помеленої кави.

Для визначення кількості обертів валу двигуна кавомолки використовується тахометр, що побудований на базі модуля LM393 із датчиком Холла.

Для створення магнітного поля з подальшою його фіксацією модулем LM393 на вал двигуна кавомолки закріплено постійний магніт з противагою для усунення вібрації.

Датчик температури на основі напівпровідникового датчика DS18B20 вимірює температуру на статорі двигуна кавомолки. Це необхідно для запобігання перегріву двигуна.

Цифровий відліковий пристрій LCD 1602 видає інформацію про кількість обертів валу двигуна,

температуру на його статорі та час впродовж якого виконується помел.

Платформа Arduino Nano 3.0 дозволяє об'єднати усі вказані елементи системи, виконувати первинну обробку інформації та завдяки USB Mini – B підключатися до персонального комп'ютеру. Блок живлення використовується для забезпечення живленням всіх елементів системи.

Результати вимірювань значень час помелу кави, швидкості обертання валу двигуна, температури на статорі двигуна представлено у табл. 1.

Табл. 1 – Результати експерименту по визначенню однорідності помелу, H

№	Час помелу F_s , с.	Швидкість обертів валу двигуна, об/хв, F_r	Температура на статорі двигуна, $^{\circ}\text{C}$ F_u	Однорідність помелу (H), %
1	1	850	23	4,8
2	2	850	23	10,3
3	3	850	24	20,5
4	4	850	25	25,7
5	5	850	26	30,1
6	6	849	26	34,3
7	7	849	27	38,4
8	8	849	27	40,8
9	9	849	28	55,2
10	10	850	30	62,5
11	11	850	32	65,7
12	12	850	33	70,3
13	13	850	34	75,6
14	14	849	36	76,3
15	15	849	37	76,6
16	16	849	40	77,5
17	17	850	41	78,8
18	18	850	45	79,7

Визначення однорідності помелу (H) у кожному досліді знаходили масу меленої кави у відсотках, яка просялася через стандартне сито за формулою [9]:

$$H = \frac{M_2}{M_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де M_2 – маса кавового порошку, що пройшла крізь стандартне сито 0,5 мм або 1,0 мм;

M_1 – загальна маса кавового порошку.

Для оцінювання однорідності помелу кави розглянемо модель впливу на результат виміру показника контролю F при урахуванні впливу чотирьох факторів (H та факторів, рівні яких кількісно відображені значеннями трьох показників контролю (час помелу, геометричні розміри зерна, вологість зерна).

Данні при перехресній класифікації позначаються символами з чотирма індексами $\alpha, \beta, \gamma, \delta$.

Оскільки показники контролю не адитивні, то необхідно ввести у модель складові, що характеризують взаємодію між показниками.

Таким чином математична модель можна представити у наступному вигляді:

$$F_{\alpha\beta\gamma\delta} = \bar{F} + f_{\alpha} + A_{\beta} + B_{\gamma} + C_{\delta} + (fA)_{\alpha\beta} + (fB)_{\alpha\gamma} + (fC)_{\alpha\delta} + (AB)_{\beta\gamma} + (AC)_{\beta\delta} + (BC)_{\gamma\delta} + (fAB)_{\alpha\beta\gamma} + (fAC)_{\alpha\beta\delta} + (fBC)_{\alpha\gamma\delta} + (ABC)_{\beta\gamma\delta} + (fABC)_{\alpha\beta\gamma\delta} + \varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta}.$$

де $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – номери рівнів факторів;

\bar{F} – загальне середнє значення;

f_{α} – відхилення результату вимірювання показника контролю F від його середнього значення \bar{F} , що обумовлене впливом параметру H .

Для того, щоб знизити складність моделі (1) можна звести її до трьох двофакторних спрощених моделей перехресної класифікації:

$$F_{\alpha\beta\nu} = \bar{F} + f_\alpha + A_\beta + (fA)_{\alpha\beta} + \psi_{(A)\alpha\beta\nu}; \gamma = \delta = i = \nu \quad (2)$$

$$F_{\alpha\gamma\nu} = \bar{F} + f_\alpha + B_\gamma + (fB)_{\alpha\gamma} + \psi_{(B)\alpha\gamma\nu}; \alpha = \delta = i = \nu \quad (3)$$

$$F_{\alpha\delta\nu} = \bar{F} + f_\alpha + C_\delta + (fC)_{\alpha\delta} + \psi_{(C)\alpha\delta\nu}; \beta = \gamma = i = \nu \quad (4)$$

де ν – номер багаторазових вимірювань показника F у комірці таблиць з вихідними даними моделей (2), (3) і (4);

$\psi_{(A)\alpha\beta\nu}$, $\psi_{(B)\alpha\gamma\nu}$, $\psi_{(C)\alpha\delta\nu}$ – випадкові залишки, що обумовлені трьома факторами: час помелу, геометричні розміри зерна, вологість зерна відповідно.

Оцінити кількість очікуваної інформації про рівні параметру H для інформаційного показника F при урахуванні рівнів як факторів, що впливають так і їх взаємодій:

$$I = \log \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_F}{\sigma_{\Delta F}} \right)^2}, \quad (5)$$

де $\sigma_F^2 = \bar{W}_f$ – являє собою функцією сум квадратів відхилень,

$$\sigma_F^2 = \bar{W}_f = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2. \quad (6)$$

Результати аналізу дослідження та обговорення результатів

Отримані аналітичні співвідношення дозволяють оцінити кількість інформації по кожному із показників контролю при факторному впливі на запропоновану лінійну функцію перетворення даних показників.

Результати розрахунків значень σ_F^2 для трьох факторів, що впливають на однорідність помелу H представлено у табл. 2.

У табл. 3 представлено розрахунки кількості інформації I про значення однорідності помелу по кожному з трьох показників контролю при урахуванні впливу показників, що залишилися. При цьому отримання середнього залишкового квадрата \bar{W}_ψ проводилося з використанням дисперсійного аналізу спрощеної моделі. Показники розташовані у порядку зменшення величини I .

Розрахунок кількості очікуваної інформації I проводилось за рівнянням (5). Оскільки основа логарифму у цій формулі – десять то одиницею інформації є один біт.

У табл. 3 статистика $F_{3;18}$ (де: 3 – кількість ступенів волі, що відповідає найбільшій вибірковій дисперсії ($N - 1 = 4 - 1 = 3$); 18 – кількість вимірів у експерименті.) є тестовою статистикою дисперсійного відношення:

$$F_{3;18} = \bar{W}_f / \bar{W}_\psi, \quad (7)$$

де \bar{W}_f – факторна дисперсія на одну ступінь свободи;

\bar{W}_ψ – залишкова дисперсія на одну ступінь свободи.

За формулою (7) є можливість перевіряти основну гіпотезу $H_0 : f_1 = \dots = f_3 = 0$ зміна параметра H не впливає на зміну показників контролю F_s , F_t , F_u .

Отримані рівняння дозволяють оцінювати достовірності статистичних висновків стосовно інформаційної значущості показників контролю для запропонованої спрощеної моделі перехресної класифікації;

Час помелу дає найбільшу кількість інформації і є головним фактором, що впливає на однорідність помелу.

Табл. 2 – Результати розрахунків значень σ_F^2

Позначення	Назва фактору	\bar{F}	$\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2$	σ_F^2
Додатковий фактор F_s	Час помелу	9,5	484,5	$\frac{1}{(18-1)} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2 = 28,5$
Додатковий фактор F_t	Швидкості обертання валу двигуна	849,6	4,28	$\frac{1}{(18-1)} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2 = 0,25$
Додатковий фактор F_u	Температура на статорі двигуна	30,94	756,94	$\frac{1}{(18-1)} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2 = 44,53$

Табл. 3 – Результати оцінки кількості очікуваної вимірювальної інформації за показниками контролю

Факторні впливу, що враховуються	Позначення	Дисперсії		$F_{3;18}$	I, біт
		$\sigma_F^2 = \overline{W}_f$	$\sigma_{\Delta F}^2 = \overline{W}_\psi$		
Додатковий фактор F_s	F_1	28,5	4,752	5,997	0,784
Додатковий фактор F_t	F_2	0,25	0,056	4,464	0,660
Додатковий фактор F_u	F_3	44,53	13,510	3,296	0,537

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

В результаті виконання роботи було отримано наступні результати:

– розроблено ІВС на основі платформи Arduino Nano 3.0 на базі кавомолки Mahlkönig EK 43;

– розроблена ІВС містить датчик температури для контролю температури статора двигуна кавомолки та датчик Холла для вимірювання кількості обертів валу двигуна;

– для оцінювання однорідності помелу кави розроблено математичну модель впливу чотирьох факторів на результат виміру показника контролю;

– запропонована для подальшого використання та досліджена спрощена модель перехресних класифікацій, яка врахувала ефекти одночасної взаємодії чотирьох факторів (час помелу, геометричні розміри зерна, вологість зерна, швидкість обертання валу двигуна) на результат вимірювання одиничного показника контролю (однорідність помелу кави);

– представлено розрахунки кількості інформації про значення однорідності помелу по кожному з показників контролю при урахуванні впливу показників на підставі дисперсійного аналізу спрощеної моделі.

Список літератури

- Місяць В.П., Рубанка М.М., Демішонкова С.А. Система адаптивного керування приводом автоматичних кавових машин. Вісник Хмельницького національного університету, №1, 2021 (293). – С. 151–159. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2021-293-1-151-159>.
- Nancy Cordoba, Laura Pataquiva, Coralia Osorio, Fabian Leonardo Moreno Moreno, Ruth Yolanda Ruiz. Effect of grinding, extraction time and type of coffee on the physicochemical and flavor characteristics of cold brew coffee. Sci. Rep. 9, 8440 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44886-w>.
- Jonathan D. Walston, Daniel L. Short, M. Affan Badar An Experimental Design on Coffee Extraction Factors Impacting the Measurable Percent of Total Dissolved Solids in Solution. Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation, 2023. p. 1 – 11. DOI: 10.1177/2319510X221136690.
- Anderson G. Costa, Eudécio R. O. da Silva, Murilo M. de Barros, Jonathan A. Fagundes. Estimation of percentage of impurities in coffee using a computer vision system. Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering v.26, № 2, p. 142 – 148, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p142-148>.
- Angeloni, G., Guerrini, L., Masella, P. et al. Test of an innovative method to prepare coffee powder puck, improving espresso extraction reliability. Eur Food Res Technol 248, p. 163 – 170 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03868-x>.
- Ihor Hryhorenko, Elena Tverytnykova, Svitlana Hryhorenko, Viktoriya Krylova. Temperature sensor research as a part of a microprocessor system by statistical analysis method. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2022 / Kharkiv, Ukraine. – p. 102 – 107. DOI: 10.1109/ХПИНеделя57572.2022.9916478.
- Григоренко І.В., Кондрашов С.І., Опришкін О.С. Формування тестових впливів для першого рівня інформаційно-вимірювальної системи. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2023. № 1 (15). С. 19 – 26. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.03>.
- Григоренко І.В., Кондрашов С.І., Опришкін О.С. Удосконалення методів параметричного контролю якості процесу помелу зерна кави. XXXI Міжнар. наук. – практ. конф.: Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Харків: НТУ «ХПІ», 2023. С. 472.
- Григоренко І.В., Кондрашов С.І., Григоренко С.М., Опришкін О.С. Кореляційний аналіз факторного впливу на однорідність помелу зерна кави. XXII Міжнар. наук. – техн. конф.: Приладобудування: стан і перспективи. – Київ: НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, 2023. – С. 363 – 365.
- Григоренко І.В., Кондрашов С.І., Опришкін О.С. Математичне моделювання процесів впливу на однорідність помелу зерна кави. XXIII Міжнар. наук. – техн. конф.: Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-2023), – Харків: НТУ «ХПІ», 2023. – С. 46.
- Григоренко І.В., Кондрашов С.І., Опришкін О.С., Григоренко С.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю режимів помелу зерна кави. X Міжнар. наук. – техн. конф.: «Датчики, прилади та системи (ДПС) – 2023» – Черкаси: Черкаський державний технологічний університет, 2023. С. 131 – 132.

Bibliography (transliterated)

- Misyats' V.P., Rubanka M.M., Demishonkova S.A. Systema adaptivnoho keruvannya pryvodom avtomatychnykh kavovykh mashyn. Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu №1, 2021 (293). – P. 151–159. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2021-293-1-151-159>.
- Nancy Cordoba, Laura Pataquiva, Coralía Osorio, Fabian Leonardo Moreno Moreno, Ruth Yolanda Ruiz. Effect of grinding, extraction time and type of coffee on the physicochemical and flavor characteristics of cold brew coffee. Sci. Rep. 9, 8440 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44886-w>.
- Jonathan D. Walston, Daniel L. Short, M. Affan Badar An Experimental Design on Coffee Extraction Factors Impacting the Measurable Percent of Total Dissolved Solids in Solution. Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation, 2023. p. 1 – 11. DOI: [10.1177/2319510X221136690](https://doi.org/10.1177/2319510X221136690).
- Anderson G. Costa, Eudécio R. O. da Silva, Murilo M. de Barros, Jonathan A. Fagundes. Estimation of percentage of impurities in coffee using a computer vision system. Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering v.26, № 2, p. 142 – 148, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p142-148>.
- Angeloni, G., Guerrini, L., Masella, P. et al. Test of an innovative method to prepare coffee powder puck, improving espresso extraction reliability. Eur Food Res Technol 248, p. 163 – 170 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03868-x>.
- Ihor Hryhorenko, Elena Tverytnykova, Svitlana Hryhorenko, Viktoria Krylova. Temperature sensor research as a part of a microprocessor system by statistical analysis method. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2022 / Kharkiv, Ukraine. – p. 102 – 107. DOI: [10.1109/ХПИНеделя57572.2022.9916478](https://doi.org/10.1109/ХПИНеделя57572.2022.9916478).
- Hryhorenko I.V., Kondrashov S.I., Opryshkin O.S. Formuvannya testovykh vplyviv dlya pershoho rivnya informatsiyno-vymiryval'noyi systemy. Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Seriya: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh. –Kharkiv: NTU «KhPI». 2023. № 1 (15). P. 19 – 26. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.03>.
- Hryhorenko I. V., Kondrashov S.I., Opryshkin O.S. Udoskonalennya metodiv parametrychnoho kontrolyu yakosti protsesu pomelu zerna kavy. KHKHKHI Mizhnar. nauk. – prakt. konf.: Informatsiyni tekhnolohiyi: nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2023. – P. 472.
- Hryhorenko I.V., Kondrashov S.I., Hryhorenko S.M., Opryshkin O.S. Korelyatsiynny analiz faktornoho vplyvu na odnoridnist' pomelu zerna kavy. KHKHKHI Mizhnar. nauk. – tekhn. konf.: Pryladobuduvannya: stan i perspektyvy. – Kyiv: NTUU «KPI» im. Ihorya Sikors'koho, 2023. – P. 363 – 365.
- Hryhorenko I. V., Kondrashov S.I., Opryshkin O.S. Matematychno modelyuvannya protsesiv vplyvu na odnoridnist' pomelu zerna kavy. KHKHKHI Mizhnar. nauk. – tekhnich. konf.: Problemy informatyky ta modelyuvannya (PIM-2023), – Kharkiv: NTU «KhPI», 2023. – P. 46.
- Hryhorenko I. V., Kondrashov S.I., Opryshkin O.S., Hryhorenko S. M. Informatsiyno-vymiryval'na systema dlya kontrolyu rezhymiv pomelu zerna kavy. KH Mizhnar. nauk. – tekhnich. konf.: «Datchyky, pryklady ta systemy (DPS) – 2023» – Cherkasy: Cherkas'kyi derzhavnyi tekhnolohichnyi universytet, 2023. P. 131 - 132.

Надійшла (received) 19.10.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Опришкін Олександр Сергійович (Опрышкин Александр Сергеевич, Opryshkin Oleksandr Serhiyovych.)
– аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна;
e-mail: aleksandr.opryshkin@cit.khpi.edu.ua

O. S. OPRYSHKIN**APPLIED ASPECTS OF USING THE SIMPLIFIED MODEL OF FACTOR INFLUENCE ON THE HOMOGENEITY OF COFFEE GRAIN GRINDING**

The article examines the results of experimental determination using the designed information and measurement system based on the Arduino Nano 3.0 platform of coffee grinding time values, motor shaft rotation speed, and motor stator temperature. A Mahlkönig EK 43 coffee grinder was used to grind coffee beans. The structural and functional diagram and electrical connection diagram of the elements of the measuring system are presented. A simplified model of factor influence on the homogeneity of coffee grain grinding is proposed. On the basis of the conducted dispersion analysis of the simplified model of factor influence, the values of the amount of information on each of the parameters affecting the homogeneity of the grinding, taking into account their mutual influence, were obtained. It was established that the time of grinding gives the greatest amount of information and is the main factor that significantly affects the homogeneity of grinding.

Key words: factor influence, dispersion analysis, homogeneity of grinding, amount of information, coffee grain, control index.

Г. І. ГУРІНА, А. Г. КОТ, К. В. КАПЛИНА, О. О. ВЛАДИКО

ОКИСНО-ВІДНОВНИЙ МЕХАНІЗМ ВИДАЛЕННЯ Fe(III) ОКСИДУ З МОНТМОРИЛОНІТУ

У статті запропоновано окисно-відновний механізм вибілення бентонітової комової червоної глини та одержані наповнювачі для лакофарбових матеріалів білого кольору. Інтеркаляційним методом синтезовано органомодифікований бентоніт при застосуванні у якості інтеркалянту алкілбензилдетиламоній хлориду. Одержані наноструктури різних типів: інтеркаляційних з'єднань, деламінованих нанокомпозитів та нанокомпозитів змішаного типу. Методами ІЧ-спектроскопії, РФ-аналізу, лазерної дифракції, ДТА аналізу досліджені зразки синтезованого органомодифікованого бентоніту та встановлено факт інтеркаляції молекул алкілбензилдетиламоній хлориду та диметилди-н-октадециламоній хлориду в між шарові галереї кристалічної неорганічної матриці монтморилоніту. Представлено принципову технологічну схему виробництва бентонітових наповнювачів та органобентоніту. Одержані нанокомпозиційні гібридні лакофарбові матеріали за участі нових наповнювачів і органобентоніту та встановлені фізико-механічні властивості нових матеріалів та покриттів

Ключові слова: бентоніт, монтморилоніт, нанокомпозиційні лакфарбові матеріали, органобентоніт, інтеркаляційні сполуки.

Вступ.

Сучасний стан розвитку лакофарбової галузі України пов'язаний зі зміною асортименту матеріалів та переходом на виробництво екологічно безпечних лакофарбових матеріалів [1-4]. До екологічно безпечних матеріалів відносять матеріали з низьким вмістом легколетких органічних сполук, порошкові фарби та водно-дисперсійні матеріали [3].

В Україні прийнятий технічний регламент, що обмежує вміст токсичних розчинників у складі лакофарбових матеріалів. Регламент був введений з 2019 року та запроваджує обмеження поступово. Після 01.01.2024 р. вміст в індустріальних лакофарбових матеріалах повинен бути меншим за 300г/л [1].

У зв'язку з вимогами Європейського парламенту та заборонаю використання у складі лакофарбових матеріалів токсичних речовин, які містять свинець, актуальним питанням є пошук шляхів виключення зі складу лакофарбових матеріалів токсичних протикорозійних пігментів: свинцевого помаранчевого крону, свинцевих оксидів, та інших свинецьвмісних пігментів. Асоціація українських виробників лакофарбової промисловості розробила другий Технічний регламент, щодо обмеження вмісту свинцю у лакофарбових матеріалах. Враховуючи важливість цього регламенту для ліквідації загроз здоров'ю цей регламент введений в дію у 2021 році [2].

Лакофарбова галузь України є порівняно молодю і сучасною з огляду на те, що виробництво здійснюється на нових підприємствах, які сформувалися за часів незалежної України. За даними Асоціації українських виробників лакофарбової промисловості виробництво здійснюється на більш ніж 130 підприємствах, при цьому обсяги 15 найбільших виробників склали більше 75%. Успішність розвитку лакофарбової галузі в Україні демонструє той факт, що 75% ринку забезпечують вітчизняні підприємства, а 60% сировини, що використовується для виробництва, одержується в Україні.

Частина екологічно-безпечних лакофарбових матеріалів у загальному складі матеріалів складає біля 60%.

З метою розширення асортименту продукції, що виробляється з природних бентонітових глин розроблено технологію одержання наповнювачів для лакофарбових матеріалів білого кольору шляхом активації червоної бентонітової комової глини водними розчинами хлоридної кислоти за окисно-відновним механізмом

Для заміни токсичних протикорозійних пігментів для лакофарбових матеріалів розроблені протикорозійні пігменти шляхом активації комової бентонітової глини ортофосфорною кислотою з метою утворення водо нерозчинних фосфатів заліза з Fe (III) оксидів, що містяться у складі природного бентоніту у вигляді червоної комової бентонітової глини. При розробці технології виробництва пігментів та наповнювачів з природної сировини бентонітових глин враховано принципи раціонального природокористування – системи природокористування, при якій досить повно використовуються наявні природні ресурси, повно і багаторазово утилізуються відходи виробництва, що дозволить значно зменшити забруднення навколишнього середовища [1].

Таким чином, сучасний розвиток лакофарбової промисловості України передбачає виробництво екологічно безпечних лакофарбових матеріалів, необхідність у розширенні асортименту функціональних пігментів та наповнювачів які не містять токсичних $PbCrO_4 \cdot PbO$, Pb_3O_4 , $ZnCrO_4$ та інших пігментів з важкими металами [3].

Аналіз літературних даних.

Існує велика кількість анізотропних твердих тіл шаруватої структури, здатних утворювати інтеркаляційні сполуки в результаті введення різних атомів, іонів або молекул у міжшарові проміжки кристалічних матриць [4–7].

© Гуріна Г.І., Кот А.Г., Каплина К.В., Владико О.О., 2023

Інтеркаляційні сполуки характеризуються властивостями, що обумовлюють зацікавленість у їх використанні як каталізаторів хімічних реакцій, електродів хімічних джерел струму, електродів сонячних батарей, засобів оптичного запису інформації, надпровідних матеріалів, напівпровідників зі змінним мінізонним спектром електронів [4-7].

Обов'язковою умовою для утворення інтеркаляційних сполук є тотожність хімічних потенціалів інтеркалянта у твердій фазі та в розчині, з якого здійснюється проникнення молекул інтеркалянта у міжшарові проміжки неорганічної кристалічної матриці. Відомі такі методи одержання інтеркаляційних сполук: з розчину інтеркалянта, з розплаву інтеркалянта та золь-гель метод, що дозволяє одержувати інтеркаляційні сполуки у вигляді монокристалів.

Найбільш дослідженими у теперішній час є такі кристалічні неорганічні матриці як графіт, діхалькогеніди перехідних елементів, галогеніди свинцю, вісмуту.. Дослідження та використання шаруватих алюмосилікатів як компонентів лакофарбових матеріалів пов'язано із широким застосуванням алюмосилікатів шаруватої структури як наповнювачів для лакофарбових матеріалів: тальку, каоліну, графіту, вермикуліту [7].

Монтморилоніт - головний мінерал бентонітової глини - шаруватий алюмосилікат.

Залежно від хімічного складу виділяють велику кількість різновидів монтморилоніта: феримонтморилоніт (Fe), Са-монтморилоніт, Mg-монтморилоніт, Ni-монтморилоніт, Cu-Fe-монтморилоніт.. Склад (формула) монтморилоніту: $(\text{Na}, \text{Ca})_{0.33} (\text{Al}, \text{Mg})_2 \text{Si}_4\text{O}_{10} (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Найбільш характерні кольори монтморилоніту - білий, білий с сіриватим відтінком, блакитнуватий, блідо-рожевий, червоний, жовтий, зеленувато-жовтий, зелений, чорний. Така різноманітна забарвлення монтморилоніту пов'язана з наявністю в його складі елементів-домішок. Головною особливістю монтморилоніту, обумовленою будовою його кристалічної решітки, є здатність до адсорбції різних іонів (в основному, катіонів), а також до іонного обміну.

Таким чином, аналіз відомих у сучасній науково технічній літературі методів органомодифікації бентонітів та одержання органомодифікованого бентоніту свідчить про відсутність інформації про можливості використання природніх комових червоних бентонітових глин для одержання наповнювачів, функціональних пігментів та органобентонітів для ЛФМ, що обумовлює новизну та актуальність роботи

Експериментальна частина

Для проведення досліджень була застосована червона комова бентонітова глина з таким властивостями: масова частка монтморилоніту – 50 %, масова частка заліза в перерахунку на Fe_2O_3 – 6.3 %, колоїдальність – 93 %, водопоглинання, – 5.6 од.

Як інтеркалянти в роботі застосовані розчини алкїлдиметилбензиламоній хлориду та диметилди-н-октадециламоній хлориду (фірма ТОВ «Хімлаборреактив»).

Дослідження гранулометричного складу зразків органомодифікованого бентоніту проведені з використанням лазерного гранулометра фірми «Malvern».

Зразки інтеркаляційних сполук досліджували методом ІЧ-спектроскопії (спектрофотометр «Specord IR-75» при масштабі реєстрації 150мм / 100 cm^{-1} Зразки готували методом пресування у порошок KBr)..

Рентгенограми зразків реєстрували на дифрактометрі «Дрон-3» з використанням Ка випромінювання Си та нікелевого β -фільтру..

Термогравіметричні дослідження виконані із застосуванням дериватографу фірми «Paulik–Paulik–Erdey».

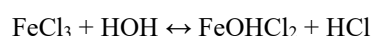
Результати та обговорення

Задачі роботи: - за окисно-відновним механізмом вибілити червону бентонітову глину за участі водних розчинів хлоридної кислоти для одержання наповнювачів для лакофарбових матеріалів білого кольору. Проаналізувати можливість органомодифікації бентоніту за представленим у роботі інтеркаляційним механізмом; розробити схему технологічного процесу виробництва органобентоніту з обґрунтуванням методів пофазного контролю; одержати нові наповнювачі та функціональні пігменти за розробленою технологією; встановити та дослідити особливості структури одержаних органобентонітів; проаналізувати вплив нових органобентонітових функціональних пігментів на властивості гібридних наноконпозиційних метеріалів; сформулювати рекомендації щодо застосування нових наповнювачів, органобентонітонів та фосфв-модифікованих бентонітів як функціональних пігментів у лакофарбових матеріалах.

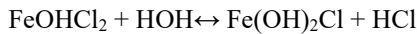
Вибілення комової червоної бентонітової глини проводили у трьохгорлій колбі об'ємом 1 л з перемішувачем пристроєм у вигляді верхньоприводної мішалки з числом обертів за хвилину – 80. В колбу завантажували 0.5 літра 10% розчину HCl у воді та додавали 200 гр прожареного високодисперсного подрібненого порошку комової бентонітової глини. Температура активізації складала 90С, час активізації складав 2 години та контролювався за зникненням червоного кольору суспензії. Для запобігання випаровуванню реакційної маси колбу поєднували зі зворотнім водяним теплообмінником.

Під час вибілення [6] в реакційній системі перебігають реакції гідролізу, які можна описати наступними реакціями у молекулярній формі:

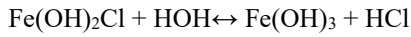
1. І стадія гідролізу:



2. II стадія гідролізу:



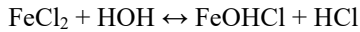
3. III стадія гідролізу:



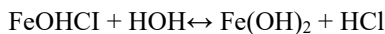
Таким чином, при гідролізі FeCl_3 $\text{pH} < 7$.

При гідролізі FeCl_2 відбуваються реакції, які можна описати наступними рівняннями:

1. I стадія гідролізу:

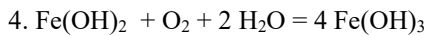


2. II стадія гідролізу:

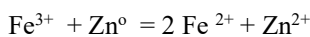
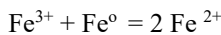


Таким чином, при гідролізі FeCl_2 $\text{pH} < 7$.

3. Окиснення $\text{Fe}^{2+} = \text{Fe}^{3+}$:



4. Відновлення:



В роботі проведений аналіз ефективності трьох вибраних відновників з термодинамічної та електрохімічної точки зору. Проведена порівняльна характеристика таких відновників як оксалатна кислота, натрій гідросульфід та залізо шляхом розрахунків термодинамічних характеристик реакцій відновлення та обрано найефективніший відновник для процесу вибілення бентоніту.

Для вибілювання бентоніту реакцію гідролізу проводили в умовах надлишку кислоти ($\text{pH}=1-3$) для зсуву хімічної рівноваги у бік утворення вихідних речовин, а для запобігання утворення Fe(OH)_3 бурого кольору в реакційну суміш додавали відновлювач. У якості відновлювача був обраний металевий Fe у вигляді металобрухту подрібненого дрота з діаметром 1-2 мм. На заключних етапах відновлення до реакційної маси додавали гранульований хімічно чистий металевий Zn [6].

З метою одержання високоякісних наповнювачів на основі природнього бентоніту червоного кольору наприкінці процесу вибілювання проводили контроль кольору одержаних наповнювачів. Водорозчинні продукти та побічні речовини вибілювання червоної глини за окисно-відновним механізмом та гідролізу солей видаляли внаслідок промивання глинистої суспензії водою. Фільтрування глинистої суспензії здійснювали після стадії промивання водою та декантації з застосуванням воронки Бюхнера. Колориметричні

характеристики одержаних порошоків вибіленого бентоніту після активації хлоридною кислотою визначені спектрофотометричним методом із застосуванням спектрофотометру NS 800.

Координати кольору та кольоровості зразків вибіленої комової глини визначали в колориметричних системах XYZ, CIELAB, джерело випромінювання С. Чистота кольору - 5%, $\lambda = 468$ нм визначались за стандартною методикою з використанням графіка кольоровості.

Таким чином, застосування окисно-відновлювального механізму очищення, вибілення комової бентонітової глини дозволило одержати якісні наповнювачі для лакофарбових матеріалів білого кольору.

Одержання органоцифкованого бентоніту проводилося в роботі із застосуванням у якості інтеркалянта диметилалкілбензиламонійхлориду в вибіленого бентоніту як неорганічної матриці. В залежності від умов синтезу при інтеркаляції можливо одержання екслофляційних структур монтморилоніта (рис. 1).

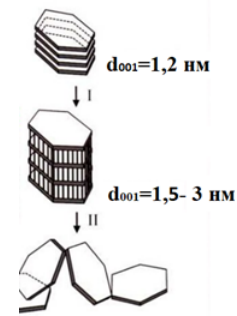


Рис. 1. Схематичне зображення реакції інтеркаляції: I – збільшення параметру «с» вихідного шаруватого алюмосилікату- монтморилоніту, II – деламінація шарів алюмосилікату з утворенням екслофляційного нанокompозиту.

Інтеркаляція монтморилоніту перебігає паралельно із реакціями катіонного обміну, як зображено на рис. 2.

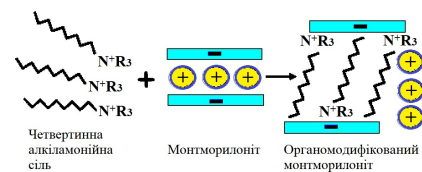


Рис.2. Схема реакції катіонного обміну

В залежності від енергії взаємодії активних центрів молекул інтеркалянта з поверхневими активними центрами шарів неорганічної матриці та енергії взаємодії молекул інтеркалянта в міжшарових галереях монтморилоніта, можливі різні типи впорядкування інтеркалянта в міжшарових просторах, як зображено на рис. 3.

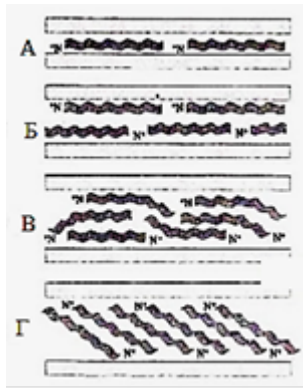


Рис. 3. Схема типів розташування молекул інтеркалянта в шарах матриці: А – моношар інтеркалянта; Б – бішар; В – тришарове впорядкування молекул інтеркалянта; Г – «парафіновий» шар

Органомодифікована бентонітова глина сприяє утворенню інтеркаляційних сполук шляхом впровадження у міжшарові проміжки неорганічної матриці органічних молекул, наприклад, алкідних олігомерів (рис.4):



Рис. 4. Схема процесу інтеркаляції гідрофобних молекул олігомерів у міжшарові галереї органомодифікованого шаруватого алюмосилікату

Таким чином, процеси органомодифікації бентоніту інтеркаляційним методом – це і хімічні, і структурні перетворення монтморилоніту, як зображено на рис.5:

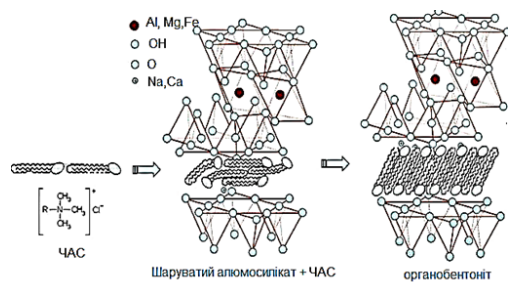


Рис. 5. Схематичне зображення органомодифікації монтморилоніту

Технологічний процес одержання органомодифікованого бентоніту складається з наступних стадій: Утворення водної суспензії комової бентонітової глини; Фільтрація; Седиментація з наступною декантацією; Активація кислотою (хлоридною); Нейтралізація; Інтеркаляція четвертинних амонійних солей із водних розчинів; Фільтрація; Сушка при температурах нижче 40 °С та рекуперацією води.

Технологічна схема одержання органомодифікованої глини складається зі стрічкового транспортеру (поз. Т), подрібнювача глини (поз. П), змішувача (поз. З), поставленого рідинним лічильником для заповнення водою у співвідношенні вода:бентоніт від 3:1 до 8: 1, розпилюючої сушарки (поз. С.), ізольованої батареї з керамічних нагрівальних елементів (поз.Б.1), теплообмінника (поз. Т), змішувача (поз.3) та апаратів для відмивки (поз. В), для активації (поз. А), нейтралізації (поз. Н) та модифікації (поз. М), вібросита (поз. В. С.), відстійника (поз. О), апарату (поз. В) для відмивання бентоніту від кислоти, ємкостей (поз. Е1) та (поз. Е2) для гідролітичної кислоти.

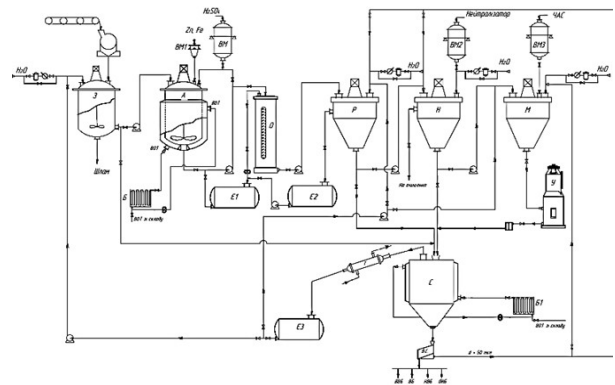


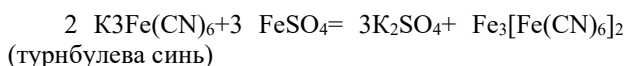
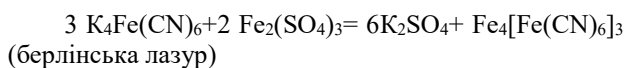
Рис. 6 Технологічна схема процесу органомодифікації бентоніту

На першій стадії процесу комову природно глину червоного кольору завантажують у апарат для подрібнення глини (поз. П) з використанням стрічкового транспортеру (поз. Т). Подрібнену глину завантажують в апарат (поз. З), який попередньо через рідинний лічильник заповнюють водою у співвідношенні вода:бентоніт від 3:1 до 8:1.

Після завантаження вихідних компонентів починають перемішування суспензії, яке здійснюють на протязі не менш двох годин при температурі навколишнього середовища до однорідності, яку контролюють візуально шляхом нанесення суспензії на скляну пластинку. Водну суспензію глини подають до розпилюючої сушарки (поз. С.), де при температурі 105–120 °С потік суспензії розбивається повітряним потоком. Підігрів суспензії та повітря у сушарці здійснюється високотемпературним органічним теплоносієм «Термолан», що підігрівается у ізольованій батареї з керамічних нагрівальних елементів (поз. Б.1). Випарена вода конденсується у теплообміннику (поз. Т) та використовується як зворотна вода в технологічному процесі для подачі у змішувач (поз.3) та апарат для відмивки (поз. В), нейтралізації (поз. Н) та модифікації (поз. М).

Висушену, відмиту від водорозчинних речовин червону бентонітову глину через вібросита (поз. В.С.) подають на фасування готової продукції під

органобентоніту як готового продукту, глиняна суспензія з апарату (поз. 3) подається на активацію неорганічної матриці неорганічною кислотою з наступним відновленням залізовмісних сполук та видаленням продуктів відновлення. В апарат (поз. А) подають водну суспензію бентоніту з апарату (поз. 3) хлоридну, сульфатну або ортофосфорну кислоту через ваговий мірник (поз. В.М.) у розрахованих кількостях та починають перемішування реакційної суміші при температурі 85-95°C впродовж двох годин у випадку сульфатної та хлоридної активації та при кімнатній температурі впродовж 1 години при ортофосфатній активації. Активатор постачений системою обігріву з застосуванням ізольованих батарей з керамічних нагрівальних елементів із застосуванням «Термолану», як теплоносія. Після розчинення залізовмісних сполук бентоніту у сульфатній або хлоридній кислоті, що фіксують по зміні кольору суспензії від червоного до світло рожевого, в реакційну масу через ваговий мірник (поз.ВМ1) додають залізний металобрухт у вигляді подрібненого дрота з малим діаметром для збільшення поверхні контакту залізовмісних розчинів з металевим залізом. Під час процесу вибілювання контролюють рН розчинів в інтервалі 1-3. На заключному етапі вибілювання перевіряють відсутність катіонів Fe^{3+} у розчині. Для цього проводиться проба на витік шляхом нанесення краплі розчину з апарату (поз.А) і поруч – крапля розчину індикатора $K_4Fe(CN)_6$. Відсутність синього забарвлення при контакті витіків з проби та краплі індикатора свідчить про відсутність у реакційній пробі катіонів Fe^{3+} . Наявність синього забарвлення свідчить про низький ступінь завершення реакції відновлення та про перебігання реакції утворення берлінської лазурі:



Суспензія вибіленого бентоніту завантажується до відстійника (поз. О), і далі до апарату (поз. В) для відмивання бентоніту від кислоти. В апарат (поз. В) завантажують через рідинний лічильник воду. Гідролізу кислоту збирають у ємностях (поз. Е1) та (поз. Е2), звідки знов направляють до апарату (поз. А). Відмитий до рН=7 вибілений бентоніт направляють на розпорошуючи сушарку (поз. Р.С.), на вібросито і на фасування. Досліджено процеси нейтралізації вибіленого бентоніту водними розчинами полінатрійфосфату, який як і аммоніак, поліетиленполіамін, натрій гідроксид, натрій карбонат може використовуватись для нейтралізації глиняної суспензії до рН = 9. Повноту процесу нейтралізації контролювали досягненням незмінної точки еквівалентності для досліджених систем при титруванні 0,1М розчином HCl. Переваги

застосування полінатрійфосфату полягають, по-перше, у можливості змінення рН середовища завдяки гідролізу цієї солі за аніоном та утворення лужного середовища, по-друге, у створенні можливостей для катіонного обміну та одержання натрієвого монтморилоніту без застосування соди, по-третє, у зв'язуванні катіонів заліза у нерозчинні фосфати заліза, що не тільки покращує колірні характеристики пігментів, але й протикорозійні властивості готового продукту.

Для нейтралізації у апарат (поз.Н) через ваговий мірник (поз.ВМ2) завантажують нейтралізатор: водний розчин поліетиленполіаміну, водний розчин аміаку чи водний розчин соди, полінатрійфосфату, вибілену глину з апарату (поз.В) та воду. На цій стадії використовують воду, завантажуючи її через рідинний лічильник, як водопровідну, так і зворотну конденсовану воду з ємності (поз.Е3). Нейтралізований вибілений бентоніт направляють через розпорошуючу сушарку (поз. Р.С.), на вібросито і на фасування. З метою дослідження можливості одержання органомодифікованого бентоніту на основі нейтралізованого розчином Na_2CO_3 та натрій поліфосфату у роботі одержані інтеркаляційні сполуки на базі монтморилоніту, що міститься у зразках вибіленого та нейтралізованого лужними розчинами, та четвертинних амонійних солей алкілдиметилбензиламонійхлориду.

Дослідження гранулометричного складу зразків органомодифікованого бентоніту проведені з метою аналізу зміни розмірів частинок внаслідок структурних перетворень монтморилоніту. Метод лазерної дифракції використовують для матеріалів, розмір часток яких становить від сотень нанометрів до декількох міліметрів.

В результаті порівняльного аналізу властивостей зразків вихідної комової глини (рис. 7) та органомодифікованого бентоніту катаміном АБ (рис. 8) було встановлено збільшення однорідності з 0.784 до 1.804 та збільшення питомої поверхні зразків з 323.3 до 1175 m^2/kg . Модифікація поверхні вибіленого бентоніту призвела до збільшення однорідності до 1,804 та збільшення питомої поверхні зразків до 1175 m^2/kg . Одержані результати добре співпадають з очікуваними змінами у кристалічній будові трансформованих на різних стадіях технологічного процесу бентонітів.

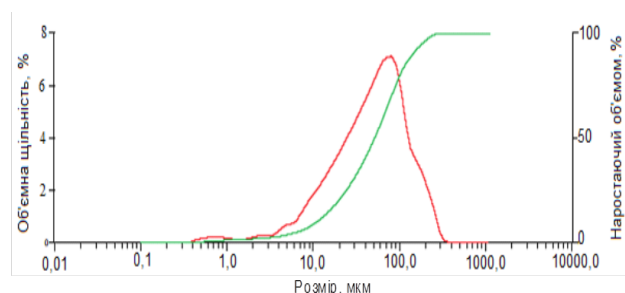


Рис. 7. Результати гранулометричного аналізу зразка червоної комової бентонітової глини

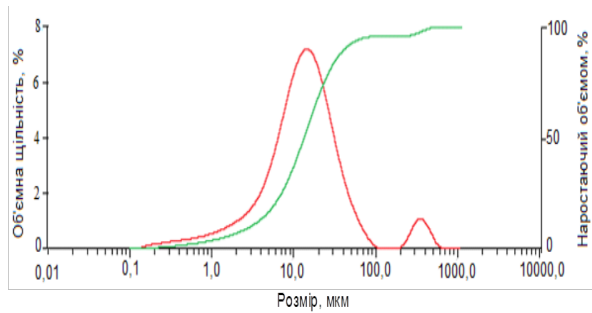


Рис. 8. Результати гранулометричного аналізу зразка органономодифікованої бентонітової глини

Для аналізу змін структури монтморилоніту в результаті реалізації стадій розробленого технологічного процесу отримання органономодифікованих ЛФМ на основі природного бентоніту в роботі використано метод рентгенофазового аналізу. За допомогою метода РФА у роботі були визначені величини d -міжшарових відстаней, які відповідають параметру «с» неорганічної матриці монтморилоніту та органономодифікованого монтморилоніту алкілбензилдиметиламоній хлоридом.

Таблиця 1. Експериментальні результати рентгенофазового аналізу зразків органономодифікованого бентоніту

Органономодифікований бентоніт алкілбензилдиметиламоній хлоридом	
1, %	d , Å
10	18,47
2	5,29
3	4,95
3	4,38
2,9	3,67
6,3	3,3
1,4	2,96

Аналіз змін у рентгенограмах зразків монтморилоніту дозволяє встановити тип структури наноконструктив на основі монтморилоніту: інтеркаляційні структури, деламінівані ексфоляційні або змішані інтеркаляційно – ексфоляційні. Інтеркаляційні сполуки за даними РФА розпізнають по зсуву дифракційного піку (d_{001} відображення) в бік менших кутів дифракції та збільшенню міжшарових відстаней матриць при збереженні порядку між шарами матриці. Кут дифракції та значення відстані між шарами визначають за допомогою закону Вульфа-Брега, представленого рівнянням:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin\theta,$$

де λ відповідає довжині хвилі рентгенівського випромінювання,

d – відстань між поверхнями дифракційної решітки (міжшарова відстань),

θ – кут дифракції,

n – ціле число (порядок дифракції).

Деламінівані ексфоляційні структури в рамках рентгенофазового аналізу можуть бути ідентифіковані по появі широкого малокутового гало, що свідчить про повне розшарування кристалічної решітки матриці та появу частинок малих розмірів внаслідок диспергування площин матриці. У інтеркаляційних наноконструктивах, як у вихідній глині, багатощарова структура добре зберігається та повторюється, що дозволяє визначити відстань між шарами.

Інтеркаляція органічних молекул ЧАС у міжшарові галереї збільшує відстань між шарами, що призводить до зміщення дифракційного піку в бік менших кутів дифракції (2θ). У ексфоляційних наноконструктивах виразного дифракційного піку ММТ глини (d_{001} відображення) не спостерігається. Це відбувається в основному через дуже велику відстань між шарами, що підтверджує перебігання процесу ексфоляції.

В результаті РФА була встановлена ідентичність структури вивчених зразків монтморилоніту, шаруватого мінералу, що переважає в складі бентоніту, структурі монтморилоніту. Положення смуг на рентгенограмі монтморилоніту в області малих кутів відповідає базальним міжплощинним відстаням 15.3 Å монтморилоніту.

Зразок вибіленого, нейтралізованого та органономодифікованого бентоніту алкілбензилдиметиламоній хлоридом має інтенсивні широкі смуги у малокутовому інтервалі з $d=18.47$, що є ознакою утворення інтеркаляційної структури органономодифікованого бентоніту.

Розмитість мало кутового піку може свідчити про присутність в інтеркаляційних сполуках в системі «монтморилоніт- катамін АБ» долі ексфоляційних, деламініваних структур.

Інфрачервоні спектри бентоніту, органономодифікованого бентоніту, малахітового зеленого, алкілбензилдиметиламоній хлориду зображені на рис. 9–13.

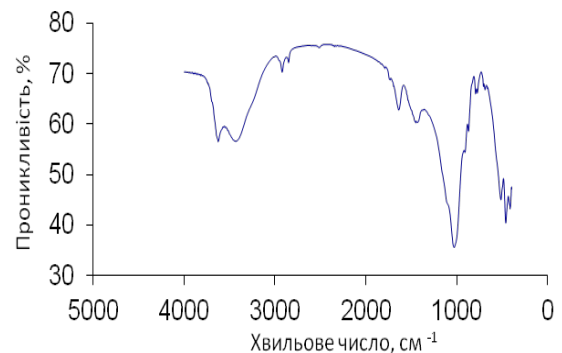


Рис. 9. ІЧ-спектр природного бентоніту

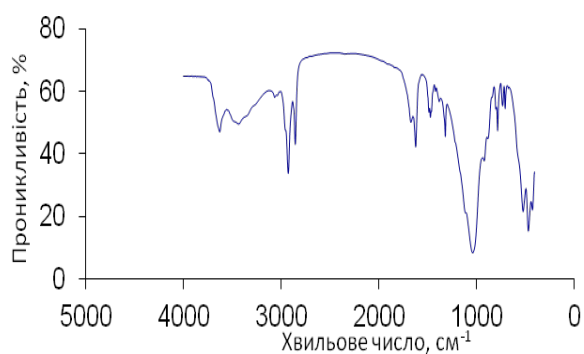


Рис. 10. ІЧ-спектр організованого бентоніту катаміном АБ ($[\text{R}(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{N}] + \text{Cl}^-$)

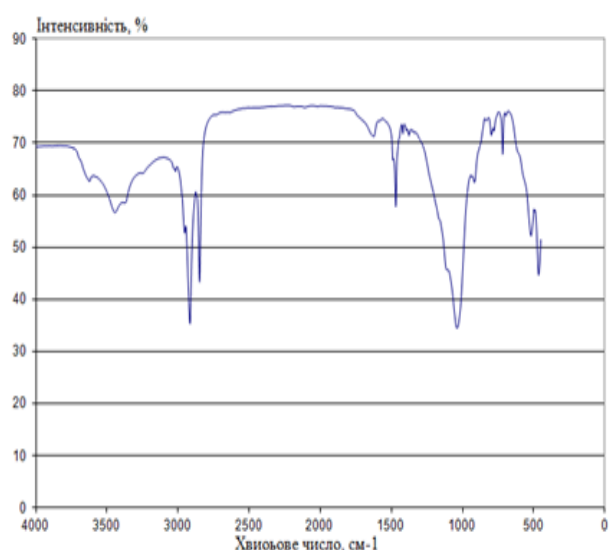


Рис. 11. ІЧ-спектр організованого бентоніту катаміном АБ ($[\text{R}(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{N}] + \text{Cl}^-$) та малахітовим зеленим, активація ортофосфорною кислотою

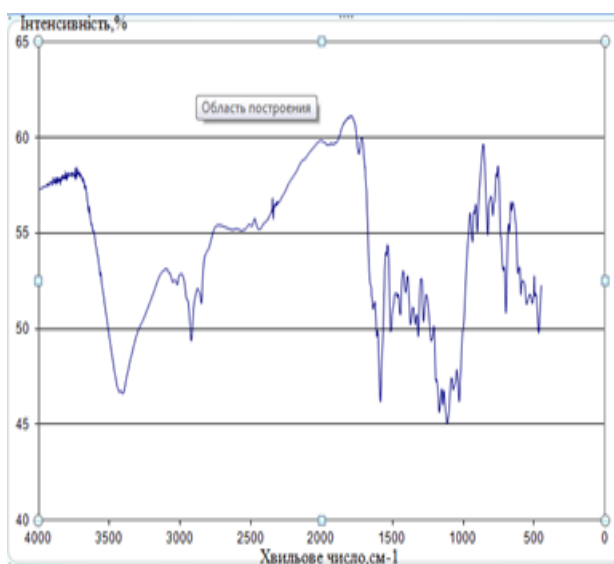


Рис. 12. ІЧ- спектр малахітового зеленого

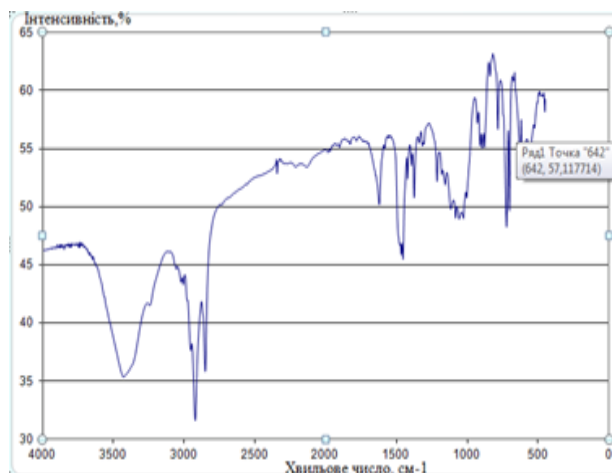


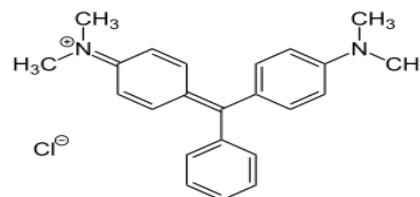
Рис. 13. ІЧ- спектр алкілбензилдиметиламоній хлориду

Найбільш цікавою для досліджуваної інтеркаляційної системи ММНТ:МЗ:КатамінАБ є область валентних коливань гідроксильної групи та четвертинного атому нітрогену.. Так, смуга при $3435,1 \text{ cm}^{-1}$, що відповідає $\nu(\text{OH})$ в спектрі бентоніту зсувається до менших хвильових чисел, а саме до 3400 cm^{-1} , смуга $\nu(\text{NR}^{4+})$ з'являється при 3250 cm^{-1} , що менше, ніж при 3430 cm^{-1} у спектрі алкілбензилдиметиламоній хлориду та 3400 cm^{-1} у спектрі малахітового зеленого.

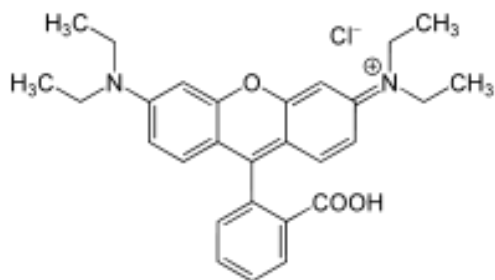
Такі зміни у положеннях смуг поглинання валентних коливань електродонорних та електроакцепторних груп свідчать про утворення інтеркаляційних сполук у системі ММНТ:МЗ:КатамінАБ. [7].

Таким чином, аналіз спектрів досліджених систем в інфрачервоній області дозволив визначити значні зміни в положеннях смуг поглинання функціональних груп неорганічної матриці та молекул інтеркалянтів різної хімічної будови, що характерні для донорно-акцепторної взаємодії компонентів інтеркаляційних систем та свідчать про утворення інтеркаляційних сполук

Продукти активації червоної комової глини ортофосфорною кислотою містили нерозчинні у воді Fe (III) фосфати та Fe (II) фосфати. Такі зразки монтморилоніту, інтеркальовані молекулами четвертинних амонійних солей: малахітового зеленого-(тетраметил-4,4-діамінотрифенілметан)

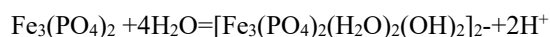


та родаміна С - [9-(2-карбоксіфеніл)-6-діметиламіно-3-ксантеліден]-диметиламоній хлориду



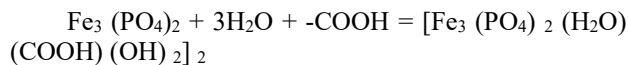
бірюзового та бузкового кольору застосовані в роботі як нові функціональні пігменти з протикорозійними властивостями, що не містять у своєму складі свинцю і відповідають вимогам Технічного регламенту щодо заборони застосування свинецьвмісних пігментів у складі лакофарбових матеріалів.

Механізм захисної дії фосфатів заліза може бути пов'язаний з утворенням комплексної кислоти:



яка реагує з іонами заліза металевої поверхні на мікроанодах з утворенням комплексного інгібітору кррозії: $[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_2(\text{OH})_2]$.

До складу комплексного інгібітору в зовнішню координаційну сферу може включатися карбоксильна група $-\text{COOH}$ плівкоутворюючого замість однієї молекули H_2O , а саме:



Нові функціональні протикорозійні пігменти на основі фосфат модифікованого бентоніту використані для одержання ґрунтовочних лакофарбових матеріалів, в яких протикорозійний пігмент був замінений на інтеркаляційні з'єднання на основі малахітового зеленого (ОБ+МЗ) та родаміна С. (ОБ+РС).. Властивості ґрунтовочних матеріалів та покриттів представлені в таблиці 2.

Аналіз одержаних результатів дозволяє зробити висновок про повну відповідність властивостей ґрунтовок з використанням нових протикорозійних пігментів нормованим на ґрунтовку ГФ-0119.показникам

Методом термічного аналізу досліджені зразки вільних плівок на основі пентафталевого олігомеру та пентафталевого олігомеру, модифікованого органобентонітом.

Проаналізовані термограми досліджених зразків. На кривих TG в інтервалі температур 100-107°C зафіксовано зменшення маси зразків ММНТ-акілбензилдиметиламоній хлориду 1.43%, що може бути пов'язано з втратами адсорбованої води. Максимуми на кривих DTG при цих температурах свідчать про максимальну швидкість втрати води.

Таблиця 2. Фізико-механічні властивості ґрунтовок ГФ-119 стандартні та з ОБ

Найменування зразка/ Вимірюваний показник	ГФ-0119	ГФ-0119 (ОБ+РС)	ГФ-0119 (ОБ+МЗ)
Умовна в'язкість при (20±0,5), °С, по ВЗ – 246, с, не менше	70	76	79
Масова частка нелетких речовин, %	56	69	69
Час висихання до ступеня 3 при 20±0.5) °С, год, не більше	12	12	12
Ступінь перетиру, мкм, не більше	30	30	30
Міцність плівки при ударі на приладі У – 1, см, не менше	50	50	50
Еластичність плівки при вигині, мм, не більше	1	1	1
Адгезія методом решітчастих надрізів, бали	1	1	1
Твердість, ум.Од ТМЛ,маятн А	0.15	0.21	0.25

На кривих ДТА в зазначеному температурному інтервалі спостерігали наявність ендоефектів. Другий пік на кривих DTG зразків з органобентонітом знаходиться при температурі 285 °С для зразка ММНТ-акілбензилдиметиламоній хлориду та відповідає процесу термодеструкції модифікатора-четвертинної амонійної солі.

Слід зазначити, що термостійкість пентафталевого олігомеру, термодеструкція якого відбувається до 260°C, збільшувалася в композиціях з органобентонітом до 270-285°C.

Важливим також є зменшення загальної втрати маси зразком, модифікованими органобентонітом до 38%.

Таким чином, у органобентоніту в інтервалі температур 20-120 С зафіксовано мінімальну кількість адсорбованої води - 1-2% в порівнянні з вихідною глиною – 7%.

Наявність досить великого ендотермічного ефекту в інтервалі 200-350°C з втратою маси 15-20% для органобентоніту пов'язано з деструкцією органічної речовини.

Одна із задач роботи як результат наукового дослідження – створення інтумесцентного лакофарбового пігментованого матеріалу на основі полімерної водної дисперсії, що модифікована з використанням органобентоніту.

До рецептури вогнезахисної фарби інтумесцентного типу додавали 2% порошку синтезованого органобентоніту.

За розробленим в роботі технологічним процесом одержання інтумесцентного лакофарбового водно дисперсійного матеріалу було експериментально вироблено 1л фарби з використанням дисольвера з варіатором частоти обертання валу дискозубчастої мішалки та досліджені властивості покриттів.

Фізико-механічні властивості експериментального дослідження водно дисперсійного інтумесцентного матеріалу та покриттів на його основі представлені в табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-механічні властивості водно дисперсійного інтумесцентного матеріалу та покриттів на його основі

Назва показника	Нормоване значення	Фактичне значення
Масова частка нелетких реч., мас %, не менше	64	65.4
Умовна вязкість (по ВЗ-246), 6 мм, T= 20 ±2°C, с не менше	200	280
Ступінь перетиру, мкм не більше	60	50
Колір покриття	Білий	Білий
Щільність, кг/м ³	1320	1347
Вогнезахисна ефективність, хв.	60	60
Товщина сухого шару фарби, мм	1,25	1.5
Витрати фарби, кг/м ² R60	1,75	1.75-2.0
Витрати фарби (для деревини не нижче першої групи вогнестійкості), кг/м ²	0,6-0,7	0.6-0.7

Порівняльний аналіз результатів з визначення фізико-механічних властивостей інтумесцентної фарби та покриттів на її основі дозволяє стверджувати, що розроблений матеріал внаслідок модифікації інтумесцентної системи при додаванні 2% органобентоніту, синтезованого за інтеркаляційним механізмом, сприятиме покращенню седиментаційної стійкості інтумесцентного матеріалу внаслідок збільшення в'язкості лакофарбової системи.

Порівняльна характеристика коефіцієнтів спучування інтумесцентної фарби, розробленої в роботі – 27см³/г та 20 см³/г для ІС [8], модифікованої 3% органобентоніту при застосуванні талового біс-гідроксисетилметиламоній катіону як інтеркалянта монтморилоніту свідчить про однаковий порядок величин коефіцієнтів інтумесценції для різних видів органомодифікованих бентонітів, що одночасно зміцнюють спінений коксовий шар та покращують термостійкість матеріалів, екологічні властивості за рахунок відсутності димоутворення при горінні матеріалів з монтморилонітом.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Таким чином, виконання завдань дозволяє зробити наступні висновки:

1. Розроблено рецептуру вогнезахисної водно дисперсійної фарби із синтезованим в роботі органобентонітом у кількості 2%..

2. Вперше вивчено процес вибілювання природньої червоної бентонітової глини при активації хлоридною кислотою.

3. Складено схему технологічного процесу вибілювання бентонітової глини з метою одержання наповнювачів для лакофарбових матеріалів з

елементами ресурсо- та енергозбереження.

4. Інтеркаляційним методом проведено одержання органомодифікованого бентоніту на основі вибіленого червоного монтморилоніту за окисно-відновним механізмом при активації HCl.

5. Методами лазерної дифракції, ІЧ-спектроскопії, РФА, термогравіметричного аналізу досліджені зразки органомодифікованого монтморилоніту та встановлено ідентичність структури досліджених зразків кристалічній структурі монтморилоніту. Трансформація структури монтморилоніту при вибіленні, активації хлоридною кислотою, гідролізі солей заліза, нейтралізації та йонного обміну з катіонами натрію, органомодифікації ЧАС призвела до утворення суміші інтеркаляційних та ексофоліційних структур на основі монтморилоніту.

6. Із застосуванням лабораторного дисольвера з варіатором частоти обертання вала диско зубчатої мішалки одержана наноконпозиційна гібридна інтумесцентна вогнезахисна фарба, до складу якої введений органобентоніт на основі вибіленого та інтеркальованого диметилкілбензидинамоній хлоридом монтморилоніту у кількості 2%.

7. Визначені фізико-механічні властивості фарби та покриттів на її основі та проведений порівняльний аналіз властивостей фарб без органобентоніту та модифікованої органобентонітом на основі диметилкілбензидинамоній хлориду як інтеркалянта та монтморилоніту як неорганічної кристалічної матриці.

Список літератури

1. Технічний регламент щодо обмеження викидів летких органічних сполук унаслідок використання органічних розчинників у лакофарбових матеріалах для будівель та ремонту колісних транспортних засобів <http://surf.li/mqaxj>
2. Технічний регламент обмеження використання свинцю у лакофарбових матеріалах і сировинних компонентах. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-2021-%D0%BF#Text>
3. Galina Gurina, Pavlo Kozub, Svetlana Kozub, Natalia Saienko, Anna Skripinets Detonation Nanodiamonds as Part of Smart Composite Paintwork Materials Smart Technologies in Urban Engineering STUE 2022: Smart Technologies in Urban Engineering pp 393–402, pp 393–402. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-20141-7_366.
4. Suzdal'tsev E.I., Kharitonov D.V. (2004) Intensified Sintering of Lithium Aluminosilicate Ceramics. Refractories and Industrial Ceramics. Vol. 45, № 2, pp. 88–90. http://pesconf.nuczu.edu.ua/images/2022/Program_PES2023_130523_c.pdf
5. Galina Gurina, Yevhen Druzhyinin, Natalia Saienko, Anna Skripinets. Methods for Optimizing the Content of VOCs to Create Environmentally Friendly Materials for Protective Coatings/ Solid State Phenomena. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland, 2023, Vol. 350, pp. 21-30. doi:10.4028/p-QrkwR6

6. J.P. Zheng, L. Luan, H.Y. Wang, L.F. Xi, K.D. Yao. Study on ibuprofen/montmorillonite intercalation composites as drug release system. Applied Clay Science Volume 36, Issue 4, May 2007, pp. 297–301.
7. Гуріна Г.І., Каратєєв А.М. Накостенко Н. Спосіб вибілювання бентоніту. Патент на корисну модель № 114543. Заявка № u201609681 від 19.09.2016.
8. Г.І. Гуріна, К.В.Савченко. Наноккомпозити бентоніт–органічний олігомер. Фізика і хімія твердого тіла. Том 6(2), 2005. С. 315- 317.
9. Л. А. Андрющенко, В. Г. Борисенко, О. М. Кудін. М. М. Горонескуль. інтумесцентні вогнезахисні покриття у сучасному будівництві (огляд). Проблеми надзвичайних ситуацій. 2019. № 1(29), с.121-138.
4. Suzdal'tsev E.I., Kharitonov D.V. (2004) Intensified Sintering of Lithium Aluminosilicate Ceramics. Refractories and Industrial Ceramics. Vol. 45, № 2, pp. 88–90.
http://pesconf.nuczu.edu.ua/images/2022/Program_PES2023_130523_c.pdf
5. Galina Gurina, Yevhen Druzhynin, Natalia Saienko, Anna Skripinets. Methods for Optimizing the Content of VOCs to Create Environmentally Friendly Materials for Protective Coatings/ Solid State Phenomena. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland, 2023, Vol. 350, pp. 21-30. doi:10.4028/p-QrkwR6 <https://www.scientific.net/SSP.350.215>
6. J.P. Zheng, L. Luan, H.Y. Wang, L.F. Xi, K.D. Yao. Study on ibuprofen/montmorillonite intercalation composites as drug release system. Applied Clay Science Volume 36, Issue 4, May 2007, Pages 297-301
7. Gurina G.I., Karateev A.M. Nakostenko N. Sposib viviljuvannja bentonitu. Patent na korisnu model' № 114543.Zajavka № u201609681 vid 19.09.2016.
8. G.I. Gurina, K.V.Savchenko. Nanokompoziti bentonit–organichnij oligomer. Fizika i himija tverdogo tila. Tom 6(2), 2005. S. 315- 317.
9. L. A. Andriushhenko, V. G. Borisenko, O. M. Kudin. M. M. Goroneskul'. intumescetni vognazahisni pokrittja u suchasnomu budivnictvi (ogljad). Problemi nadzvichajnih situacij. 2019. № 1(29), s.121-138.

Bibliography (transliterated)

1. Tehnichnij reglament shhodo obmezhenja vikidiv letkih organichnih spoluk unaslidok vikoristannja organichnih rozchinnikiv u lakofarbovih materialah dlja budivel' ta remontu kolisnih transportnih zasobiv <http://surl.li/mqxaaj>
2. Tehnichnij reglament obmezhenja vikoristannja svincju u lakofarbovih materialah i sirovinnih komponentah. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-2021-%D0%BF#Text>
3. Galina Gurina, Pavlo Kozub, Svetlana Kozub, Natalia Saienko, Anna Skripinets Detonation Nanodiamonds as Part of Smart Composite Paintwork Materials Smart Technologies in Urban Engineering STUE 2022: Smart Technologies in Urban Engineering pp 393–402, pp 393–402. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-20141-7_366.

Надійшла (received) 19.09.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гуріна Галіна Іванівна, Gurina Galina Ivanovna – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри Хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ ім. О.М. Бекетова; м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7547-5508>

e-mail: Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Кот Антоніна, Kot Antonina – директор ТОВ «Algol Chemicals LLC» e-mail: Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Капліна Катерина Володимирівна, Kaplina Kateryna – студентка 1 курсу магістерського рівня вищої освіти ХНУМГ ім. О.М. Бекетова e-mail: Galyna.Gurina@kname.edu.ua

Владико Олександра Олександрівна, Vladyko Olexandra – студентка 2 курсу бакалаврського рівня вищої освіти ХНУМГ ім. О.М. Бекетова

e-mail: Galyna.Gurina@kname.edu.ua

GURINA GALYNA IVANIVNA, KOT ANTONINA, KAPLINA KATERYNA, VLADYKO OLEXANDRA

OXIDE-REDUCED MECHANISM OF Fe(III) OXIDE REMOVAL FROM MONTMORILLONITE

The article proposes a redox mechanism for the bleaching of bentonite lump red clay and produces fillers for white paints and varnishes. Nanostructures of different types have been studied: intercalation compounds, delaminated nanocomposites, and mixed-type nanocomposites. Using the methods of IR spectroscopy, XRF analysis, laser diffraction, and DTA analysis, samples of synthesized organomodified bentonite were studied and the fact of intercalation of alkylbenzyl-diethylammonium chloride molecules into the interlayer galleries of the crystalline inorganic matrix was established. A basic technological scheme for the production of bentonite fillers and organobentonite is presented. Nanocomposite hybrid paints and varnishes with the participation of new fillers and organobentonite have been obtained, and the physical and mechanical properties of new materials and coatings have been established.

Key words: bentonite, montmorillonite, nanocomposite paint and varnish materials, organobentonite, intercalation compounds

О. І. ФЕСЕНКО, Ю. В. МАСАЛЬСЬКИЙ, К. В. БАРДАКОВА, І. С. ЗАЙЦЕВА, Т. Д. ПАНАЙОТОВА

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ПИТНОЇ ВОДИ КЕРАМІЧНИМИ МІНЕРАЛІЗАТОРАМИ ДЛЯ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ПОБУТОВОЇ ВОДИ

Розглянута роль прісної води у формування держави та визначено, що належне управління водними ресурсами є критично важливим компонентом зростання рівня життя населення усіх країн світу, як з точки зору розвитку промислового комплексу держави, так і – забезпечення здоров'я нації. Проте, зростаючий рівень забруднення водних об'єктів, суттєвий знос водної інфраструктури міст та подекуди неможливість її відновлення через активні бойові дії призводять до суттєвого зниження якості питної води в Україні. Ефективним рішенням цієї проблеми є використання побутових фільтраційних систем. Серед їх значного різноманіття найбільшого поширення набули системи зворотного осмосу, здатні ефективно очищати воду від важких металів, розчинних солей вірусів та мікроорганізмів. Головним їх недоліком є вкрай низький солевміст 15–20 мг/л, що потребує домінералізації до 200 мг/мл. Існуючі системи домінералізації питної води характеризуються перевищенням граничних меж солевмісту (солеві) чи нестабільністю рівня мінералізації (мінеральні). Саме тому актуальним завданням є розробка інноваційних мінералізаторів питної води пролонгованої дії на основі невагтної вітчизняної сировини та дослідження процесів мінералізації. Одержані дані солевмісту розчинів після витримки із мінералізаторами дозволили підтвердити припущення про значний вплив співвідношення площі поверхні мінералізатора до об'єму води на швидкість процесу вилуговування. При співвідношенні 0,4 см²/мл мінімально рекомендований рівень солевмісту досягається через 7 годин витримки при стабільному рівні рН (8,15–8,70). Дослідження впливу циклічної заміни води на рівень солевмісту вказує на незначні зміни його значень при витримці впродовж однієї (71,1–79,0 мг/л) та трьох (136,9–140,3 мг/л) годин, що може бути свідченням пролонгованої дії мінералізатора. Загальна жорсткість води після 24-х годин витримки із мінералізатором складає 1,55 ммоль/л, концентрація Ca²⁺ – 19 мг/л та Mg²⁺ – 7,2 мг/л, що відповідає вимогам нормативних документів.

Ключові слова: мінералізатори, розчинність, вода, керамічні матеріали, солевміст, рН, зворотній осмос.

Вступ. Не зважаючи на те, що близько трьох четвертих площі нашої планети покриті водою, лише незначна її частина придатна до використання [1]. Прісна вода є одним із найбільш унікальних ресурсів кожної держави, яка обумовлює потенційний рівень її промислового розвитку та є одним із факторів забезпечення здоров'я нації.

За оцінками ООН, вже декілька десятиліть у багатьох регіонах світу відчувається нестача питної води. Через прискорене зростання населення та збільшення кількості води, яку використовує одна людина, очікується, що ця ситуація з кожним роком буде тільки погіршуватиметься [2]. Здатність країн, що розвиваються збільшити кількість води доступної для домашнього, сільськогосподарського, промислового та екологічного використання напряму залежить від кращого управління водними ресурсами, ширшого міжгалузевого планування та інтеграції.

Зараз наявна достатня кількість доказів того, що збільшення гідрологічної мінливості та зміни клімату мають і продовжуватимуть мати глибокий вплив на водний сектор через гідрологічний цикл, наявність води, попит на воду та її розподіл на усіх рівнях. Належне управління водними ресурсами є критично важливим компонентом зростання рівня життя населення усіх країн світу, як з точки зору розвитку ВВП держави, так і з точки зору забезпечення здоров'я нації.

Прісна вода це відновлюваний, але обмежений природний ресурс. Вона може бути оновлена лише в процесі кругообігу, коли вода з морів, озер, лісів, землі, річок і дамб випаровується, утворює хмари та повертається у вигляді опадів. Однак, якщо через діяльність людини рівень споживання прісної води

буде перевищувати, рівень природного відновлення, її кількість в озерах, річках, дамбах і підземних водах, може зменшитися, що спричинить серйозну шкоду навколишньому середовищу.

У більшості промислово розвинутих країн світу найбільшими споживачами прісної води є промисловість, сільське та домогосподарства. Відповідно до цього трьома основними факторами, що викликали збільшення використання прісної води протягом останнього століття, є зростання населення, розвиток промисловості та розширення зрошувального землеробства.

Загальну кількість води, яку використовує кожна держава на свої потреби можна оцінити за загальним рівнем річного забору прісної води, а потреба кожної галузі за відсотком з нього. Рівень забору прісної води включає загальний забір води, не враховуючи втрати на випаровування з водосховищ та воду з опріснювальних установок у країнах, де вони є значним джерелом [3].

Відбір для сільського господарства та промисловості – це загальний відбір для зрошення та тваринництва, а також для прямого промислового використання.

В Україні у період з 2010 по 2020 роки рівень відновлюваного внутрішнього ресурсу прісної води був сталий та складав близько 55 млрд м³. У середньому за вказаний період (рис. 1) для потреб промисловості, сільського та домогосподарств Україна використовувала 20,5 % від цих запасів, що дозволило забезпечити продуктивність води у 9,16 \$/м³ у загальному значенні ВВП країни [3, 4].

© Фесенко О.І., Масальський Ю.В., Бардакова К.В., Зайцева І.С., Панайотова Т.Д., 2023

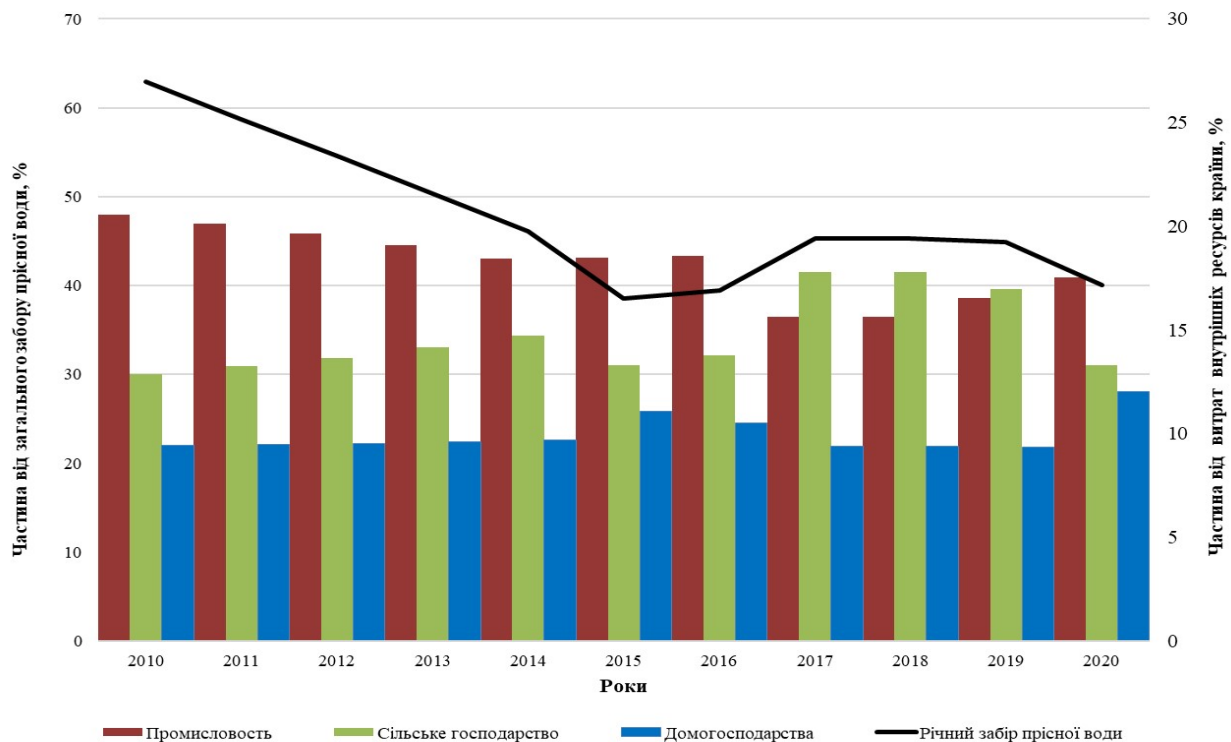


Рис.1 Річний забір прісної води та її розподіл серед основними групами споживачів у 2010–2020 рр. в Україні

Аналізуючи зібрані дані (рис. 1) можна зробити висновок, що в Україні за останні 10 років спостерігається стала тенденція до зменшення частини прісної води. Окрім того слід враховувати втрату та забруднення величезної кількості джерел природної питної води у зв'язку із війною та руйнування Каховської ГЕС [5], що катастрофічно впливає на якість прісної води [6].

Забір побутової води включає відновлювані ресурси прісної води, потенційний надмірний забір відновлюваних підземних вод, вилучення підземних вод і потенційне використання опрісненої або очищеної стічної води. Зазвичай він обчислюється як загальна кількість води, що забирається громадською розподільною мережею, і включає ту частину промисловості, яка підключена до муніципальної мережі. Співвідношення між чистим споживанням і забірною водою може коливатися у межах 5–15 % у містах і 10–50 % у сільській місцевості. Рівень забору побутової прісної води багато у чому залежить від рівня розвитку країни. Так, за даними ЮНЕСКО, у розвинених країнах комунальний водозабір становить від 500 до 1000 літрів на людину на день, у той час, як у країнах, що розвиваються в Азії, Африці та Латинській Америці – лише 50–100 літрів [7].

Вода вважається найважливішим ресурсом для підтримки екосистем, які забезпечують життєзабезпечення людей, тварин і рослин. Проте багато країн стикаються з проблемою забезпечення населення основними потребами, що створює ризик захворювань, пов'язаних із водопостачанням, санітарією та гігієною. Оскільки забруднена вода є основною причиною захворювань і смертності, її

якість є визначальним чинником бідності людей, недостатньої освіти та низьких економічних можливостей. Відсутність доступу до належної питної води сприяє смертям і хворобам, особливо серед дітей. Засоби існування саме найбідніших верств населення надзвичайно пов'язані з доступом до послуг водопостачання.

Незважаючи на достатньо високий рівень забезпечення населення питною водою в Україні (рис. 2) рівень смертності через небезпечну воду, небезпечну санітарію та відсутність гігієни у 2019 році склав 2,3 людини на 100000 осіб населення.

На сьогоднішній день у світі вже реалізується значна кількість ініціатив [8–9], до яких долучилася й Україна [10–11], спрямованих на забезпечення усіх людей якісною питною водою.

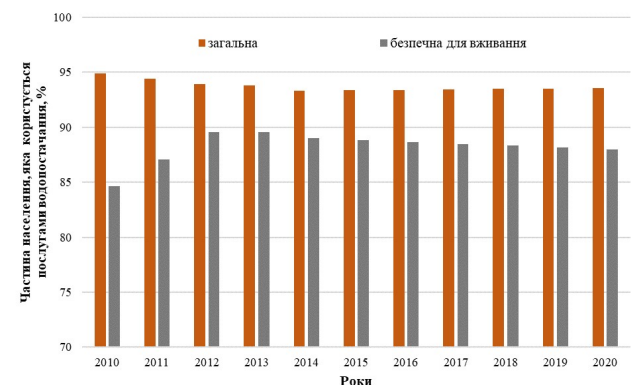


Рис. 2. Забезпечення населення України водопостачанням та безпечною питною водою у 2010–2020 рр. [4]

Саме тому питна вода, що використовується для задоволення потреб населення повинна бути якісною, тобто вона повинна відповідати встановленим державою та міжнародною спільнотою вимогам. У загальному випадку вона не повинна містити механічних чи хімічних забрудників, радіонуклідів, бактерій чи вірусів. Крім того, вона повинна мати відповідні органолептичні властивості.

Постановка проблеми.

В Україні вимоги до якості питної побутової води регулюються рядом документів (державні санітарні правила та норми), найголовнішими із яких є «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [12] та «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» [13].

Чиста вода, при дотриманні добових норм її споживання, не може принести шкоди організму. Проте більшість води, що надходить у домогосподарства є забрудненою домішками, які не тільки змінюють її смак, а й можуть чинити негативний вплив на здоров'я та самопочуття людей. Так, природна вода із колодязів, свердловин, річок чи озер може містити велику кількість забруднювачів, зокрема: механічних домішок, нітратів та нітритів, важких металів, солей, бактерії та віруси тощо. Вода ж із систем міського водопостачання відзначається високим вмістом хлору, заліза та інших важких металів, що обумовлено значним зносом систем водопостачання [14].

Окрім цього, постійні обстріли та агресія країни-сусіда призводять до руйнації очисних споруд, сталих водних екосистем та значного забруднення водних ресурсів України. Саме тому постає потреба у ефективному забезпеченні домогосподарств України якісною питною водою.

Ефективним рішенням є встановлення побутових фільтраційних систем [15]. Існуючі на сьогоднішній день на ринку товарів побутові системи можна розділити на 7 основних груп, кожна із яких має свої переваги та недоліки (рис. 3).

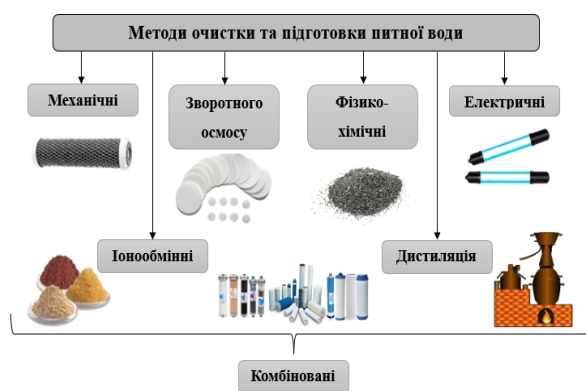


Рис. 3. Найбільш поширені методи очищення та підготовки води за принципом дії

Так, механічні фільтри здатні видаляти речовини, що знаходяться у воді у вигляді твердих частинок чи суспензій, але неефективні проти вірусів, бактерій та розчинених солей та важких металів.

Фізико-хімічні фільтри, робота яких заснована на використанні сорбентів, та окремі фільтри зворотного осмосу, що діють за принципом напівпроникної мембрани, мають незначний термін використання, а вода після очищення може не відповідати усім встановленим вимогам. Іонообмінні смоли у більшості випадків застосовуються тільки для зменшення жорсткості води. Електричні фільтри засновані на обробці води УФ-випромінюванням, озоном чи діалізом, найбільш ефективно очищують воду від вірусів та бактерій, проте мають малу ефективність проти фізичних забрудників та розчинених неорганічних речовин, а метод дистиляції має найвищі енерговитрати.

Саме тому найбільш ефективними є комбіновані фільтраційні системи побутової води. Серед значної їх кількості найбільшого поширення набули системи, у яких на перших стадіях відбувається очищення води від механічних домішок, після відбувається зворотній осмос та на останньому етапі – збагачення (насичення) води корисними іонами.

Система зворотного осмосу ефективно очищує воду від важких металів, розчинених речовин, вірусів, бактерій та інших забруднювачів [16–17]. Проте, через таку високу ефективність роботи вода після очистки має вкрай низький солевміст 15–20 мг/л та відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 [12] потребує домінералізації (збільшення вмісту розчинних солей до 200 мг/л). Усі мінералізатори призначені для систем зворотного осмосу за матеріалами, які у них використовуються, можна розділити на 2 групи: сольові – формована (брикетована, пресована тощо) суміш розчинних солей та мінеральні – суміш природних мінералів. Незважаючи на їх широке практичне використання у побутових системах очищення води кожен із цих видів має суттєві недоліки: сольові мінералізатори – мають короткий термін використання та нерівномірну швидкість розчинення, що впливає на солевміст, а мінеральні – важко контрольований рівень вивільнення іонів, через змінний склад. Крім того, на ринку матеріалів існують керамічні мінералізатори для «структурування» чи «активації» води, проте даних щодо підтвердження їх дії знайти не вдалося.

Саме тому актуальним завданням є розробка інноваційних поруватих керамічних мінералізаторів пролонгованої дії на основі вітчизняної невартисної природної сировини.

Мета і завдання.

Метою роботи є дослідження процесів мінералізації води поруватими керамічними мінералізаторами.

В рамках роботи були визначені наступні завдання:

- встановлення вимог до рівня мінералізації води, оптимального методу її очистки та переваг і недоліків існуючих методів мінералізації води;
- обґрунтування вибору складу вихідного матеріалу та методу формування наповнювача;
- дослідження впливу співвідношення площі контакту мінералізатора і води до об'єму розчину на динаміку процесу мінералізації;
- визначення впливу зміни вихідного розчину на швидкість мінералізації та загальної жорсткості.

Матеріали та методи досліджень.

Для проведення досліджень було обрано керамічний мінералізатор розроблений групою вчених кафедри хімії та інтегрованих технологій ХНУМГ ім. О.М. Бекетова.

За результатами попередніх досліджень авторами [18–19] було встановлено оптимальний склад керамічних матеріалів, що містили, у мас. %: глина Артемівська – 60–65, ПШС-16 – 10–15, крейда – 10–15, 7-водний сульфат магнію – 2–5 та фторид кальцію – 2–5, та температурно-часові параметри їх синтезу. Для формування каналних пор у структурі матеріалу до їх складу додатково вводили 10 мас. % вигоряючого наповнювача – стружки деревини. Проте, через ведення активних бойових дій на теренах України, частина родовищ сировини є недоступною, а об'єми імпорту матеріалів суттєво зменшились, тому було проведено літературний пошук та змінено шихтовий склад матеріалів.

Методом екструзії було сформовано циліндричні зразки довжиною близько 10 мм та діаметром 4 мм, які висушували та випалювали за раніше встановленими режимами [18–20].

Для моделювання води (після фільтру зворотного осмосу) використовували дистильовану воду, підготовану згідно з ДСТУ ISO 3696:2003.

Вимірювання електропровідності (мкСм/см), солемісту (мг/л) та рН проводили мультианалізатором PL-700ALS. Критерієм рівня мінералізації вважали виміряне значення питомої електропровідності води. Зазначене припущення ґрунтувалося на тому, що перехід розчинної складової мінералізатору у воду відбувається в іонній формі, що буде збільшувати кількість струмопровідних частинок у розчині. В результаті переходу утворюється розведений розчин з лінійною залежністю між значенням електропровідності і концентрацією електроліту, що дає змогу оцінити ступінь мінералізації води.

Загальну жорсткість води та вміст іонів кальцію визначали комплексонометричним методом, який ґрунтується на утворенні безбарвних комплексних сполук йонів кальцію та магнію з трилоном Б у лужному середовищі (рН ~ 10). Загальну жорсткість титрували в присутності індикатора еріохрому чорного, а іони кальцію – в присутності мурексиду. Йони кальцію визначали тільки для другого зразка мінералізованої води – більш розведеного.

Експериментальна частина.

Враховуючи те, що процес мінералізації води твердими мінералізаторами відноситься до групи гетерогенних процесів, можна припустити, що одним із визначних критеріїв ефективності роботи мінералізатора, який на пряму впливає на рівень мінералізації є площа контакту фаз.

Для підтвердження цього припущення проведено визначення зміни солемісту у воді при контакті із мінералізаторами при різному співвідношенні площі поверхні зразків до об'єму води.

Для досліджень було підготовано дві близькі за масою (близько 15 г) наважки дослідних зразків, що відповідає загальній площі контакту двох фаз близько 7,83 см². Кожну із наважок розміщували у хімічній склянці. До кожної склянки додавали відміряну за допомогою піпетки кількість дистильованої води, а саме до першої – 20 мл, до другої – 50 мл, що відповідає співвідношенню 0,4 та 0,16 см²/мл, відповідно.

Перед проведенням дослідів дослідні зразки промивали у дистильованій воді впродовж 5 хвилин з використанням магнітної мішалки для усунення із зовнішньої поверхні зразків вільних (крихких) часток та мало зв'язаних із структурою матриці солей.

Перед проведенням вимірювання показників розчинів розчин пропускали через фільтрувальний папір, а після – повертали до склянки. Збереження дослідного розчину, а не його заміна на чисту дистильовану воду була обрана з метою визначення граничної рівноважної концентрації солі, яка не повинна перевищувати допустиме значення 500 мг/л відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Для обох дослідних проб у перші дві години витримки спостерігається інтенсивне збільшення солемісту, яке із наближенням розчину до рівноважного стану сповільнюється (рис. 4).

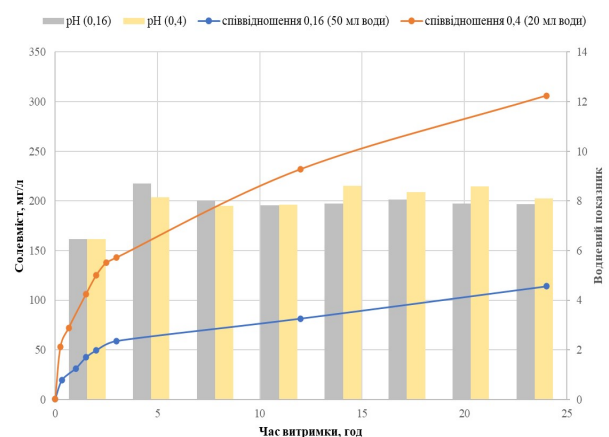


Рис. 4. Залежність зміни солемісту та рН розчинів на різних етапах витримки з мінералізатором

Незважаючи на подібність зміни характеру солемісту між двома залежностями є суттєва відмінність: при збільшенні вказаного

співвідношення до 0,4 см²/мл спостерігається більш інтенсивне зростання солевмісту, яке досягає мінімального для використання у якості питної повсякденної води значення 200 мг/л вже після 7 годин витримки, тоді як розчин із співвідношенням 0,16 см²/мл не досягає його і через 24 години витримки.

Аналізуючи зміну рН одержаних розчинів можна визначити, що вказане співвідношення не чинить суттєвого впливу на значення рН розчинів (рис. 4). Впродовж перших 30 хвилин витримки спостерігається інтенсивне зростання рН від 6,46 (дистильована вода) до 8,15–8,70 через інтенсивний процес виходу іонів. Вже через годину витримки значення рН стабілізуються і зберігаються на рівні 8 одиниць. Окремим дослідженням було визначено рН розчинів через 72–96 години витримки, який складає 7,72–7,87. Незначне зменшення значень рН відбувається за рахунок контакту води з вуглекислим газом з повітря [20].

На основі одержаних результатів можна припустити, що при промисловому одержанні мінералізаторів на основі розроблених керамічних матеріалів, вказане співвідношення повинно максимально наближатися до одиниці. Це може бути досягнуто за рахунок щільної упаковки часток мінералізатора у катриджі.

Окрім цього позитивно на рівень мінералізації буде впливати супротив потоку рідини, який виникає під час проходження води через катридж.

Наступним кроком при визначенні можливості використання розроблених керамічних матеріалів як мінералізаторів побутової питної води є визначення зміни швидкості підвищення солевмісту при заміні розчину.

Для цього у скляну ємність засипали попередньо промитий мінералізатор масою 36,16 г, що відповідає площі контакту фаз близько 18,8 см². До склянки додавали 50 мл води, що відповідає співвідношенню 0,38 см²/мл. Склянку залишали на 1 годину, після чого розчин відфільтровували та проводили вимірювання рівня мінералізації. Мінералізатори повертали назад у склянку та заливали новою порцією води. При одержанні трьох співставних результатів було прийнято рішення збільшити часовий проміжок витримки води до 3 годин.

За результатами досліджень (рис. 5) встановлено, що одержані значення солевмісту та електропровідності є співставними, що є свідченням сталості рівня мінералізації при зміні розчину.

Дане дослідження дозволило змодельовати умови наближені до реальних умов експлуатації, коли з одного боку у катридж потрапляє чиста вода, а з іншого виходить готовий розчин.

Окрім цього, при оцінці результатів дослідження слід враховувати, що вода після фільтру зворотного осмосу містить певну концентрацію солі, яка може змінюватися у межах від 15–20 мг/л для нових катриджів до 50 мг/л, для тих, які вже потребують заміни. Наявність цих солей, скоротить

час необхідний для мінералізації води. Крім того слід враховувати, що у процесі експлуатації у мінералізаторі буде знаходитися певна кількість води із вмістом солей наближеним до рівноважного для цих матеріалів.

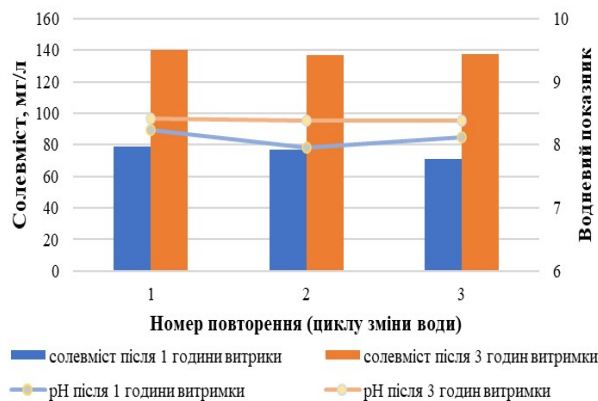


Рис. 5. Параметри розчинів після витримки з мінералізатором

Завершальним етапом роботи була визначена необхідність ідентифікації іонів, які вивільняє матеріал у розчин. Для визначення загальної жорсткості води використовували трилонометричний метод аналізу, для цього до відібраної аліквоти досліджуваної води додавали амонійний буферний розчин для створення і утримання рН ~ 10 , індикатор еріохром чорний і титрували трилоном Б до переходу вишнево-червоного забарвлення в синє. Згідно з вимогами [12] величина загальної твердості води нормується двічі:

- як фізико-хімічний показник: загальна твердість повинна бути 7 ммоль/л;
- як показник фізіологічної повноцінності води (загальна твердість має бути у межах 1,5–7 ммоль/л).

Іони кальцію визначали тільки для другого зразка мінералізованої води – більш розведеного. Метод визначення вмісту іонів кальцію ґрунтується на титруванні йонів кальцію трилоном Б у присутності мурексиду як індикатора.

Визначення проводять у сильно лужному середовищі (рН ~ 12 –13). Це потрібно з двох причин. По-перше, зв'язати іони магнію у вигляді магній гідроксиду, а по-друге, саме за такого рН можна використовувати індикатор мурексид, який з іонами кальцію утворює комплексні сполуки, забарвлені в рожевий колір, тоді як його індивідуальне забарвлення – бузкове.

Для визначення іонів кальцію до відібраної аліквоти аналізованої води додавали розчин NaOH для створення і утримання рН ~ 12 –13, індикатор мурексид і титрували трилоном Б до появи бузкового забарвлення.

За результатами проведених досліджень загальна жорсткість складає 1,55 ммоль/л, концентрація Ca²⁺ складає 19 мг/л, а Mg²⁺ – 7,2 мг/л, що відповідає вимогам [12] до питної води.

Висновки.

Встановлено пріоритетне значення прісної води у розвитку промислового та людського потенціалу держави та визначено проблему забезпечення населення України якісною питною водою в умовах високого екологічного забруднення та зносу водної інфраструктури.

На основі порівняльного аналізу методів очистки питної води визначено, що найбільш ефективним та екологічно обґрунтованим є використання фільтрів зворотного осмосу у системах комбінованої очистки. Однак, вода після такої обробки характеризується низьким солемістом (15–20 мг/л) та потребує додаткової домінералізації. Існуючі мінеральні чи сольові мінералізатори не дозволяють забезпечити довготривалий стабільний рівень мінералізації. Саме тому актуальним завданням є розробка інноваційних невартісних керамічних мінералізаторів пролонгованої дії.

Як вихідний матеріал було обрано керамічний композиційний матеріал та враховуючи діючу сировинну базу модифіковано його шихтовий склад. Методом екструзії пластичної маси з подальшою сушкою та випалом синтезовано дослідні зразки.

Одержані дані солемісту розчинів після витримки із мінералізаторами дозволили підтвердити сформульоване припущення про значний вплив співвідношення площі поверхні мінералізатора до об'єму води на швидкість процесу вилуговування. При співвідношенні 0,4 см²/мл мінімально рекомендований рівень солемісту досягається через 7 годин витримки при стабільному рівні рН (8,15–8,70). Дослідження впливу циклічної заміни води на рівень солемісту вказує на незначні зміни його значень при витримці впродовж однієї (71,1–79,0 мг/л) та трьох (136,9–140,3 мг/л) годин, що може бути свідченням пролонгованої дії мінералізатора.

Загальна жорсткість води після 24-х годин витримки із мінералізатором складає 1,55 ммоль/л, концентрація Ca²⁺ – 19 мг/л та Mg²⁺ – 7,2 мг/л, що відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Одержані матеріали є перспективними при розробці керамічних мінералізаторів для систем зворотного осмосу та рекомендовані до подальших досліджень.

Список літератури

- World Water Week. Seeing the Unseen: The Value of Water. URL: <https://www.worldwaterweek.org/> (дата звернення: 05.09.2023)
- Water productivity, total (constant 2015 US\$ GDP per cubic meter of total freshwater withdrawal). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.GDP.FWTL.M3.KD> (дата звернення: 05.12.2023)
- Annual freshwater withdrawals. Food and Agriculture Organization, AQUASTAT data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWTL.ZS> (дата звернення: 05.12.2023)
- World Development Indicators. DataBank. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (дата звернення: 05.12.2023)
- Економічні наслідки руйнування дамби на Каховській ГЕС. Центр економічної стратегії. URL: <https://ces.org.ua/ekonomichni-naslidki-rujnuvannya-kahovsko%D1%97-ges/> (дата звернення: 08.10.2023)
- Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища : монографія / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв та ін. Харків : НУТЗУ, 2015. 419 с.
- Annual freshwater withdrawals, domestic. Food and Agriculture Organization, AQUASTAT data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWDM.ZS> (дата звернення: 15.06.2023)
- World Wildlife Fund. (2019). Humanity needs to act today to conserve freshwater resources. URL: <https://wwf.ua/?344892/lydstvu-neobhidno-diyatu-syogodni> (дата звернення: 03.10.2023)
- United Nations. (2018). The 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals: An opportunity for Latin America and the Caribbean (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. URL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40156/25/S1801140_en.pdf (дата звернення: 11.09.2021)
- All-Ukrainian Ecological League. Ecological situation and state of drinking waters of Ukraine. URL: <https://www.ecoleague.net/diialnist/vydannia-vel/ekolohichni-karty/ekolohichna-sytuatsia-ta-stan-pytnykh-vod-ukrainy> (дата звернення: 28.01.2023)
- Resolution adopted by the General Assembly United Nations (A/RES/70/1) on 25 September 2015 «Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development». URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migrati-on/ua/Agenda2030-eng.pdf> (дата звернення: 28.01.2023)
- Наказ Міністерства охорони здоров'я України №400 від 12.05.2010 Про затвердження державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 09.09.2023)
- Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 383 від 23.12.1996 про затвердження державних санітарних правил і норм «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0136-97#Text> (дата звернення: 10.09.2023)
- Резвих Н.І. Аналіз сучасних напрямів водопідготовки питної високоякісної води та зразки технологічних схем. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2023. № 4, С. 168-172. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.21>
- Сорокіна К.Б. Аналіз можливості використання мембранних технологій для очищення природної води / К. Б. Сорокіна // The 8th International scientific and practical conference “Scientific achievements of modern society”. Liverpool, United Kingdom, 2020. P. 757–763.
- Kravchenko M.V., Voloshkina O.S., Vasylenko L.O. Застосування методу зворотного осмосу для доочистки питної води. *Екологічна безпека та природокористування*, 2021. Том 40, № 4. С. 32–45. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.4.32-45>
- Кравченко М., Василенко Л. Проблема забруднення питної води нітрат-іонами та сучасні методи її вирішення. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки*, 2022. № 41. С. 42–51. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.41.42-51>

18. Воронов Г.К., Єфімова А.В., Зайцева І.С., Пилипенко О.І., Фесенко О.І., Шаповал В.М. // Мінералізація води керамічним мінералізатором. Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 100-річчю ХНУМГ ім. О.М. Бекетова «Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій». м. Харків, 2022. С. 28–29.
19. Воронов Г.К., Єфімова А.В., Фесенко О.І., Зайцева І.С., Савцова О.В. Композиційні керамічні матеріали для виготовлення мінералізаторів питної води // Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 100-річчю ХНУМГ ім. О.М. Бекетова «Актуальні питання хімії та інтегрованих технологій». Харків, 2022. С. 70–71.
20. Бардакова К.В., Масальський Ю.В., Фесенко О.І., Зайцева І.С. Керамічні мінералізатори для систем очистки побутової питної води // Бекетівські хімічні читання. Теорія та практика кризових ситуацій : матеріали міжнар. конф. для молодих вчених, аспірантів та магістрів. Харків, 2023. С. 125–129.
- Sustainable Development». URL: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migrati_on/ua/Agenda2030-eng.pdf (date of application: 28.01.2023)
12. Nakaz Ministerstva okhorony zdorov'ya Ukrainy №400 vid 12.05.2010 Pro zatverdzhennya derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl «Hihiyenichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoї dlya spozhyvannya lyudynoyu» (DSanPiN 2.2.4-171-10). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (date of application: 09.09.2023)
13. Nakaz Ministerstva okhorony zdorov'ya Ukrainy № 383 vid 23.12.1996 pro zatverdzhennya derzhavnykh sanitarnykh pravyl i norm «Voda pytna. Hihiyenichni vymohy do yakosti vody tseentralizovanoho hospodars'kopytneho vodopostachannya». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0136-97#Text> (date of application: 10.09.2023)
14. Rezyvkh N.I. Analiz suchasnykh napryamiv vodopidgotovky pytnoyi vysokoyakisnoyi vody ta zrazky tekhnolohichnykh skhem. *Tavriys'kyi naukovy visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky*, 2023. № 4, P. 168-172. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.21>
15. Sorokina K.B. Analiz mozhyvosti vykorystannya membrannykh tekhnolohiy dlya ochyshchennya pryrodnoyi vody / K. B. Sorokina // The 8th International scientific and practical conference “Scientific achievements of modern society”. Liverpool, United Kingdom, 2020. P. 757–763.
16. Kravchenko M.V., Voloshkina O.S., Vasylenko L.O. Zastosuvannya metodu zvorotnoho osmosu dlya doochystky pytnoyi vody. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya*, 2021. Vol. 40, No. 4. P. 32–45. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.4.32-45>
17. Kravchenko M., Vasylenko L. Problema zabrudnennya pytnoyi vody nitrat-ionamy ta suchasni metody yiyi vyryshennya. *Problemy vodopostachannya, vodovidvedennya ta hidravliki*, 2022. No. 41. P. 42–51. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.41.42-51>
18. Voronov H.K., Yefimova A.V., Zaytseva I.S., Pylypenko O.I., Fesenko O.I., Shapoval V.M. // Mineralizatsiya vody keramichnym mineralizatorom. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya, prysvyachena 100-richchyu KhNUMH im. O.M. Beketova «Aktual'ni pytannya khimiyi ta intehrovanykh tekhnolohiy». m. Kharkiv, 2022. P. 28–29.
19. Voronov H.K., Yefimova A.V., Fesenko O.I., Zaytseva I.S., Savvova O.V. Kompozytsiyini keramichni materialy dlya vyhotovlennya mineralizatoriv pytnoyi vody // Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya, prysvyachena 100-richchyu KhNUMH im. O.M. Beketova «Aktual'ni pytannya khimiyi ta intehrovanykh tekhnolohiy». Kharkiv, 2022. P. 70–71.
20. Bardakova K.V., Masal's'kyi Yu.V., Fesenko O.I., Zaytseva I.S. Keramichni mineralizatory dlya system ochystky pobutovoyi pytnoyi vody // Beketiv's'ki khimichni chytannya. Teoriya ta praktyka kryzovykh sytuatsiy : materialy mizhnar. konf. dlya molodykh vchenykh, aspirantiv ta mahistriv. Kharkiv, 2023. P. 125–129.

References (transliterated)

1. World Water Week. Seeing the Unseen: The Value of Water. URL: <https://www.worldwaterweek.org/> (date of application: 05.09.2023)
2. Water productivity, total (constant 2015 US\$ GDP per cubic meter of total freshwater withdrawal). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.GDP.FWTL.M3.KD> (date of application: 05.12.2023)
3. Annual freshwater withdrawals. Food and Agriculture Organization, AQUASTAT data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWTL.ZS> (date of application: 05.12.2023)
4. World Development Indicators. DataBank. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (date of application: 05.12.2023)
5. Ekonomichni naslidky ruynuvannya damby na Kakhovs'kiy HES. Tsentri ekonomichnoyi stratehiyi. URL: <https://ces.org.ua/ekonomichni-naslidki-ruynuvannya-kahovsko%D1%97-ges/> (дата звернення: 08.10.2023)
6. Intehral'ni ta kompleksni otsinky stanu navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha : monohrafiya / O.H. Vasenko, O.V. Rybalova, S.R. Artem'yev ta in. Kharkiv : NUHZU, 2015. 419 p.
7. Annual freshwater withdrawals, domestic. Food and Agriculture Organization, AQUASTAT data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWDM.ZS> (date of application: 15.06.2023)
8. World Wildlife Fund. (2019). Humanity needs to act today to conserve freshwater resources. URL: <https://wwf.ua/?344892/lydstvu-neobhidno-divatuvyogodni> (date of application: 03.10.2023)
9. United Nations. (2018). The 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals: An opportunity for Latin America and the Caribbean (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. URL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40156/25/S1801140_en.pdf (date of application: 11.09.2021)
10. All-Ukrainian Ecological League. Ecological situation and state of drinking waters of Ukraine. URL: <https://www.ecoleague.net/diialnist/vydannia-vel/ekolohichni-karty/ekolohichna-sytuatsiia-ta-stan-pytnykh-vod-ukrainy> (дата звернення: 28.01.2023)
11. Resolution adopted by the General Assembly United Nations (A/RES/70/1) on 25 September 2015 «Transforming our world: the 2030 Agenda for

Надійшла (received) 15.10.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Фесенко Олексій Ігорович (Фесенко Алексей Игоревич, Fesenko Oleksii Ihorovych) – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри хімії та інтегрованих технологій, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3888-9493>;

e-mail: oleksii.fesenko@kname.edu.ua

Масальський Юрій Вікторович (Масальский Юрий Викторович, Masalskyi Yurii Viktorovych) – учитель хімії, Комунальний заклад «Харківський ліцей №2 Харківської міської ради», м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4088-4329>;

e-mail: elladar9@gmail.com

Бардакова Ксенія Володимирівна (Бардакова Ксения Владимировна, Bardakova Kseniia Volodymyrivna) – учениця 9-А класу, Комунальний заклад «Харківський ліцей №2 Харківської міської ради», м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/009-0004-2572-7633>;

e-mail: kseniabardakova5@gmail.com

Зайцева Інна Сергіївна (Зайцева Инна Сергеевна, Zaitseva Inna Serhiivna) – кандидат хімічних наук, доцентка кафедри хімії та інтегрованих технологій, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9899-6779>;

e-mail: inna.zayceva@kname.edu.ua

Панайотова Тетяна Дмитрівна (Панайотова Татьяна Дмитриевна, Panaiotova Tetiana Dmytrivna) – кандидат хімічних наук, доцентка кафедри хімії та інтегрованих технологій, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3051-9474>;

e-mail: tetyana.panayotova@kname.edu.ua

O. I. FESENKO, YU. V. MASALSKYI, K. V. BARDAKOVA, I. S. ZAITSEVA, T. D. PANAIOTOVA

RESEARCH OF THE PROCESSES OF MINERALIZATION OF DRINKING WATER BY CERAMIC MINERALIZERS FOR DOMESTIC WATER PURIFICATION SYSTEMS

The role of fresh water in the formation of the state is considered and it is determined that proper management of water resources is a critical component of increasing the standard of living of the population of all countries of the world, both from the point of view of the development of the industrial complex of the state and ensuring the health of the nation. However, the growing level of pollution of water bodies, significant deterioration of the water infrastructure of cities and sometimes the impossibility of restoring it due to active hostilities lead to a significant decrease in the quality of drinking water in Ukraine. An effective solution to this problem is the use of household filtration systems. Among their significant variety, the most widespread are reverse osmosis systems that can effectively purify water from heavy metals, soluble salts of viruses and microorganisms. Their main disadvantage is the extremely low salt content of 15–20 mg/l, which requires dominerization up to 200 mg/ml. Existing systems of premineralization of drinking water are characterized by exceeding the limit values of salt content (saline) or instability of the level of mineralization (mineral). That is why the urgent task is the development of innovative mineralizers for drinking water with prolonged action based on non-cost domestic raw materials and the study of mineralization processes. The obtained data on the salt content of the solution after aging with mineralizers made it possible to confirm the assumption of a significant influence of the ratio of the surface area of the mineralizer to the volume of water on the rate of the leaching process. With a ratio of 0.4 cm²/ml, the minimum recommended level of salt content is achieved after 7 hours of exposure at a stable pH level (8.15–8.70). A study of the effect of cyclic water replacement on the level of salt content indicates minor changes in its values when held for one (71.1–79.0 mg/l) and three (136.9–140.3 mg/l) hours, which may indicate prolonged action mineralizer. The total hardness of water after 24 hours of exposure to a mineralizer is 1.55 mmol/l, the concentration of Ca²⁺ is 19 mg/l and Mg²⁺ is 7.2 mg/l, which meets the requirements of regulatory documents.

Keywords: mineralizers, solubility, water, ceramic materials, salinity, pH, reverse osmosis

С. І. БУХКАЛО, Н. В. ЯКИМЕНКО-ТЕРЕЩЕНКО

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОВАРОЗНАВЧИХ ТОВАРІВ В РЕСТОРАННОМУ БІЗНЕСІ

У матеріалах статті розглянуті приклади можливостей для визначення цілей навчання студентів ВНЗ за освітньою програмою Готельно-ресторанне господарство з метою розробки комплексних дисциплін Харчова хімія, Сучасні технології харчування, Товарознавство та управління закупівлями, Інноваційні ресторани технології, для складових комплексних інноваційних проектів. При написанні статті використано досвід викладання дисциплін Загальні технології харчових виробництв, Харчова хімія, Сучасні технології харчування, Товарознавство та управління закупівлями, Основи проектування обладнання в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів у 2002–2023 рр. Комплексні системи визначення складових дисципліни зумовили компетентності та якість матеріалу, а питання, що розглядаються пропущені через призму власного творчого сприйняття, що робить матеріал особливо цінним. Розробки проведені з застосуванням сучасних високоєфективних науково-обґрунтованих технологій виробництва карамелі, наприклад, від різновидів аналізу класифікації-ідентифікації, загальних понять та вимог до різновидів методології визначення показників рівня якості та їх оцінки через вибір алгоритмів аналізу та розрахунків на різних стадіях виробництва та застосування отриманих товарів.

Ключові слова: харчова хімія, сучасні технології харчування, товарознавство та управління закупівлями, інноваційні ресторани технології, кондитерська галузь, визначення товарознавчих характеристик.

Вступ.

Початковим етапом розробки комплексного інноваційного навчання можна означити викладання дисципліни Харчова хімія, а далі треба додавати – Сучасні технології харчування – Товарознавство та управління закупівлями – Інноваційні ресторани технології. Комунікація між групами студентів різних рівнів навчання від першого до четвертого курсів відбувається відповідно до виникнення питань за науковими дослідженнями відповідних дисциплін – опанування науково-теоретичними та розрахунковими засадами та споживчими властивостями відповідно до нормативно-технічної документації (НТД) сировини, напівфабрикатів та продуктів-товарів готельно-ресторанного бізнесу та господарства призначення, що зумовлюють здатність задовольняти потреби споживача.

Мета та результати роботи за представленою методикою: робота в команді комплексного вивчення дисциплін, індивідуалізація та організація роботи над інноваційними проектами різних рівнів, оформлення складових дослідження у комплексний проект та презентацію з урахуванням технічного завдання замовника.

У результаті різновидів навчання та дослідження за розробленими планами студенти та викладачі різних кафедр або, навіть, інститутів створюють комплексний інноваційний кінцевий продукт або технологію на рівні навчального процесу, наявність експериментальної та розрахункової частини обов'язкова. Впровадження в навчальний процес запропонованої концепції комплексного проектування, а по суті ділової гри, сприяє розвитку інтелектуальних та організаційних здібностей студентів, формує навички самостійної, організаційної та колективної діяльності, креативність та особистість керівника-студента, що загалом сприяє інтенсивному розвитку науково-технічної творчості випускників ВНЗ.

Складові навчання можна, наприклад, визначити як комплексне проектування з курсу «Сучасні технології харчування» проводять з урахуванням оптимізації процесів ресурсо- і енергозбереження. Підходи до вирішення завдань студенти обирали самостійно з урахуванням результатів аналізу відповідної додаткової літератури за планами Силабусів та проведених наукових досліджень. Об'єктом дослідження можуть бути обрані великотоннажні галузі переробки сировини у компоненти замовника з урахуванням теоретичних засад та методів товарознавства (табл. 1–4).

Таблиця 1. Приклади класифікації-ідентифікації методів товарознавства.

№	Різновид методів класифікації-ідентифікації
1	Теоретичні відомості за відповідною дисципліною у якості наукового обґрунтування навчання та аналізу.
2	Емпіричні методи – збір фактів, первинне узагальнення, опис дослідних даних, систематизація та класифікація.
3	Практичні аспекти наукової організації дослідження: осмислення результатів експериментів; визначення емпіричних законів; формування класифікацій.
4	Приклади товарознавчої класифікація-ідентифікації та дослідження продовольчих товарів.
5	Категорія потреби – аналіз споживчих особливостей як задоволення потреб споживача.
6	Аналіз поняття корисності та вимірів корисності, матеріальна форма різновидів товарів, споживчі та інвестиційні товари.
7	Аналіз та характеристика різновидів виробничих, індивідуальних або особистісних потреб – безмежність змінність, різноманітність.
	Класифікація потреб за рівнем розвитку, суб'єктами реалізації та об'єктом спрямованості.

Ці складові навчання підтримують цикл з відповідних напрямків формування у студентів

© Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В., 2023

системи знань необхідних для виробничо-технологічної та дослідницької діяльності з розроблення та впровадження дисциплін:

1) використання комплексу теоретичних і експериментальних методів: аналіз, узагальнення, систематизація, моделювання та ін.;

2) узагальнення теоретико-методологічних основ засвоєння основних понять студентами;

3) визначення концептуальних засад аналізу та дослідження проблеми формування системи базових понять у студентів;

4) емпіричні методи як цілеспрямоване спостереження;

5) формувальний експеримент навчання;

6) різновиди методів практичного активного розрахункового навчання, тематичні дискусії,

7) методи математичного опрацювання даних (кореляційний аналіз) з

Цілі та задачі навчання: як основні засади системного аналізу визначена класифікацій-ідентифікації основних складових дисциплін Товарознавство та управління закупівлями, Інноваційні ресторани технології. Наприклад: один із напрямків розвитку готельно-ресторанного господарства є бізнес-туризм, прогнозований і орієнтований на клієнтів з високим рівнем доходів,

тому, у більшості випадків, є дуже прибутковим і перспективним. Він формує складові розвитку економіки багатьох держав і є важливим чинником стабільного зростання показників світової індустрії гостинності. В цих готелях є все необхідне для створення комфортної роботи онлайн, влаштування конференцій і ведення переговорів за методами інтенсифікації роботи виробництв [1–15];

У розроблених виданнях [1–7] вперше в Україні запропоновано сумісне розглядання теоретичних питань з означених дисциплін, на підставі яких студентами можуть бути виконані практичні, лабораторні та самостійні завдання: розроблені багатоваріантні тестові та розрахункові завдання і задачі з основних тем курсу; індивідуальні та контрольні завдання для самостійної роботи. Засвоєння студентами навчального матеріалу пов'язане з підготовкою та виданням різновидами матеріалів інтелектуальної власності [8–15].

Зазвичай такі інноваційні методи навчання завершуються публікацією статті або тез міжнародної конференції для кожного студента, що потребує на першому етапі визначення складових навчання за дисциплінами Харчова хімія та Сучасні технології харчування та інші, наприклад для груп БЕМ-1321а,б [16–18].

Таблиця 2. Класифікація-ідентифікація деяких складових змісту реферату за дисципліною Товарознавство та управління закупівлями (Бухкало С.І.)

№	Приклади ієрархії складових реферату за дисципліною
1	Вступ – сучасна класифікація-ідентифікація та загальна характеристика об'єктів галузі за товарознавчими показниками: аналіз існуючого ринку готельно-ресторанних послуг; дослідження можливого контингенту потенційних споживачів;
2	Класифікація-ідентифікація та загальна товарознавча характеристика сировини та продукції за прикладами з загальної характеристики та особливостей товарознавства та сутності закупівельної діяльності підприємства готельно-ресторанного господарства.
3	Класифікація-ідентифікація та загальна товарознавча характеристика з визначення асортименту за технологічними процесами управління асортиментом товарів із погляду балансу інтересів всіх учасників товарного руху в межах ієрархії обраних товарних категорій.
4	Класифікація-ідентифікація формування споживних властивостей асортименту продукції у процесах та технологіях різновидів готельно-ресторанного виробництва – визначення, характеристика, класифікацій-ідентифікації теорії і концепції сучасних технологій харчування.
5	Класифікація-ідентифікація факторів впливу на формування якості продукції у процесах та технологіях виробництва – основи раціонального споживання продовольчих товарів; хімічний склад продовольчих товарів, особливості транспортування та зберігання;
6	Класифікація-ідентифікація та загальна товарознавча характеристика з дослідження впливу різновидів тари та упакування на якість, визначення можливостей утилізації різновидів полімерної тари та пакування відповідно до термінів експлуатації.
7	Класифікація-ідентифікація та загальна товарознавча характеристика з аналізу дослідження – визначення необхідності підвищення ефективності торговельного підприємництва та рентабельності всіх учасників процесу за різновидами товаропросування.
8	Класифікація-ідентифікація та загальна товарознавча характеристика з висновків дослідження.– процеси ідентифікації товарів для виявлення або попередження фальсифікації, комплексне представлення складових із погляду балансу інтересів всіх учасників товарного руху в межах ієрархії обраних товарних категорій..
9	Класифікація-ідентифікація джерел інноваційних можливостей рестораних технологій та формування інноваційної політики – особливості та їх характеристики. Приклади з загальної характеристики та особливостей технології холодних дієтичних страв і закусок – перспективи та можливості інноваційних рестораних технологій.
10	Перелік основної та додаткової навчальної літератури, необхідної для інноваційного освоєння різновидів комплексних дисциплін навчання.

Таблиця 3. Класифікація-ідентифікація деяких складових прикладів рефератів за дисципліною Товарознавство та управління закупівлями (Бухкало С.І.).

№	Приклади ієрархії складових дисципліни Товарознавство та управління закупівлями
1	Загальні відомості з прикладів наукових основ товарознавчих характеристик різновидів товарного молока, відповідно до НТД, виявлення причини різновидів втрат товарів і сировини для типів закладів ресторанного господарства, вимоги до характеристик та особливостей товарознавства галузі та сутність закупівельної діяльності різновидів підприємств готельно-ресторанного господарства, класифікація-ідентифікація та управління асортиментом товарів із погляду балансу інтересів всіх учасників товарного руху в межах ієрархії обраних товарних категорій.
2	Об'єкти діяльності за дисципліною Товарознавство та управління закупівлями, особливості процесів управління в просуванні і комерціалізації послуг підприємств готельно-ресторанного господарства: визначення – приклади наукових основ товарознавчих характеристик продукції питна вода відповідно до НТД для різновидів типів закладів ресторанного господарства., характеристика, класифікації-ідентифікації теорії і концепції харчування, а також необхідності підвищення ефективності торговельного підприємництва та рентабельності всіх учасників процесу товаропросування, що вимагає запровадження принципово нової та економічно обгрунтованої концепції.
3	Теоретичні основи товарознавства продовольчих товарів за приклади наукових основ характеристик безалкогольних напоїв відповідно до НТД для різновидів типів закладів ресторанного господарства: предмет, зміст і завдання сучасного товарознавства; основи раціонального споживання продовольчих товарів галузі. Хімічний склад продовольчих товарів безалкогольних напоїв; класифікація-ідентифікація їх як харчових продуктів за якістю товарів.
4	Систематизація основних видів харчової продукції: класичні та інноваційні види асортименту сировини та напівфабрикатів – приклади наукових основ товарознавчих характеристик асортименту борошна відповідно до НТД для різновидів типів закладів ресторанного господарства. Представлення асортименту сировини для різновидів страв і концепція закладу. Інноваційні підходи до створення меню і розташуванню страв у ньому. Класифікація додаткових послуг у закладах ресторанного господарства згідно з різними ознаками – формування оптимального асортименту товарів підприємства та вплив на виробників товарів, тобто закупівлі забезпечують ефективну роботу.
5	Приклади з загальної характеристики та особливостей товарознавчої характеристики та наукові основи товарознавчих характеристик асортименту макаронних виробів відповідно до НТД для різновидів типів закладів ресторанного господарства. Класифікація-ідентифікація та визначення складових інноваційних форм з урахуванням напрямків розвитку готельно-ресторанного господарства та бізнесу. Модифікація рецептурного складу виробів з метою удосконалення їх харчової та біологічної цінності та надання їм певних, наприклад, дієтичних властивостей – комплексний вплив на харчову та біологічну цінність виробів.
6	Загальна товарознавча характеристика та особливості визначення наукових основ товарознавчих складових галузі харчових концентратів I, II та III блюд відповідно до НТД для різновидів типів закладів ресторанного господарства. Класифікація-ідентифікація, характеристика та визначення інноваційних форм – модифікація рецептурного складу виробів з метою удосконалення їх харчової та біологічної цінності, надання їм певних інноваційних властивостей – комплексний вплив.
7	Приклади з загальної технології та особливостей товарознавчих характеристик риби і рибних продуктів. Класифікація-ідентифікація, характеристика та визначення впровадження у готельно-ресторанному господарстві та бізнесі – складові, правила і особливості форм виконання за ієрархією технологічних операцій. Модифікація рецептурного складу рибних виробів з метою удосконалення їх харчової та біологічної цінності та надання їм певних комплексних профілактичних властивостей.
8	Приклади з загальної характеристики та особливостей товарознавства м'яса та м'ясних товарів готельно-ресторанного господарства та бізнесу. Класифікація-ідентифікація джерел інноваційних можливостей та формування інноваційної політики – складові, правила і особливості здійснення та формування карти пропозицій. Модифікація рецептурного складу м'ясних виробів з метою удосконалення їх харчової та біологічної цінності та надання їм певних лікувально-профілактичних властивостей – комплексний вплив на харчову та біологічну цінність виробів.
9	Приклади наукових основ товарознавчих характеристик кави та кавових продуктів відповідно до НТД для різновидів типів закладів ресторанного господарства. Модифікація рецептурного складу різновидів продукції кави та кавових напоїв з метою розширення асортименту товарної продукції, наприклад, удосконалення з підвищення її харчової та біологічної цінності.
10	Приклади наукових основ товарознавчих характеристик асортименту плодоовочевої продукції відповідно до НТД для різновидів типів закладів ресторанного господарства – основні ознаки закупівель за класифікацією-ідентифікацією відповідно до НТД, Приклади наукових основ товарознавчих характеристик плодоовочевої консервованої продукції відповідно до НТД для різновидів типів закладів ресторанного господарства. Модифікація рецептурного складу різновидів напоїв з метою удосконалення їх харчової та біологічної цінності відповідно до НТД..
11	Приклади з загальної характеристики та особливостей товарознавства різновидів чайної продукції та концентратів – аналіз та можливості. Класифікація-ідентифікація джерел інноваційних можливостей та формування інноваційної політики за регіонами України – складові, правила і особливості здійснення та формування карти пропозицій. Модифікація рецептурного складу різновидів напоїв з метою удосконалення їх харчової та біологічної цінності відповідно до НТД. Поняття теоретичні та практичні засади товарознавства, визначення та вимоги до якості товарів, процеси ідентифікації товарів для виявлення або попередження фальсифікації.
12	Основні етапи логістичного обслуговування споживачів продукції та концепція циклу замовлення в управлінні обслуговуванням. Класифікація-ідентифікація закупівельної діяльності підприємства: ієрархія та характеристика закупівель; загальна технологія способів закупівель; характеристика стратегічної функції закупівель; загальна характеристика методів закупівель. Приклади та, а також можливості сучасних кондитерських виробів, загальна характеристика розрахунків за різновидами матеріальних балансів страв та виробів.

Класифікація-ідентифікація ієрархії та аналіз результатів навчання з дисциплін Інноваційні ресторани технології і Товарознавство та управління закупівлями може бути розглянута за прикладами сучасних технологій харчування. Класифікація-ідентифікація у таких прикладах визначена комплексними складовими алгоритмів навчання за освітньою програмою (ОПП):

Постановка проблеми у загальному вигляді за прикладом об'єкту вивчення дисципліни.

Приклад визначення загальних відомостей про об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, характеристика цукристих кондитерських виробів на прикладі карамелі льодяникової.

Загальна технологія галузі складається з двох основних стадій виготовлення: 1) кондитерських мас і 2) з цих мас – виробів потрібної форми й розміру. При цьому виріб може складатися з однієї або декількох мас. Кондитерський виріб, що складається з однієї маси, зазвичай, називають простим (льодяникова карамель, фігурний шоколад); а той, що складається з декількох мас – складним (фруктово-ягідна карамель складається на 2/3 з карамельної маси, на 1/3 із фруктово-ягідної начинки).

Виробництво більшості кондитерських мас починається з розчинення цукру й одержання сиропу необхідної концентрації. Потім сироп за допомогою різних способів переробки перетворюється в різні кондитерські маси. Із цукрових кондитерських виробів розглянемо виробництво карамелі. Виробництво карамелі зосереджене як на великих підприємствах з поточними лініями високої автоматизації, так і на малих виробництвах. Карамель можна одержувати кустарним способом. Виробництва друг від друга відрізняються не технологією, а апаратним оформленням і механізацією.

Основною сировиною для одержання карамельної маси є цукор, патока, кислоти, ароматизатори, барвники. Для отримання начинок застосовують фруктово-ягідні напівфабрикати, жири, молочні продукти, горіхові ядра, какао-продукти, яйцепродукти й ін. Карамельна маса складається із сахарози на 60–80 %, декстринів 18–20 % і невеликих кількостей різних моносахарів. При температурі вище 110 °C карамельна маса являє собою рідину, яка при 80–90 °C здобуває пластичні властивості, тобто здатна приймати будь-яку форму й зберігати її. При температурі 40–45 °C маса переходить в аморфний, склоподібний стан. Карамель має високу гігроскопічність й у відсутності належних умов зберігання може поглинути вологу з повітря, втрачаючи властивості. Використання рослинної сировини у виробництві льодяникової карамелі стає досить поширеним. В основному рослинну сировину додають у вигляді екстрактів. Асортимент карамелі постійно розширюється за інноваційними напрямками виробництва (табл. 3: 1 – льодяникова, 2 – грильяжна, 3 – таблеткова, 4 – фігурна, 5 – монпансьє, 6 – начинкою: 6.1 –

фруктовими і фруктово-ягідними, 6.2 – лікерними, 6.3 – фруктово-лікерними, 6.4 – медовими, 6.5 – помадковими, 6.6 – з молочними, 6.7 – масляно-цукровими 6.8 – марципановими, 6.9 – горіховими, 6.10 – шоколадно-горіховими, 6.11 – глазурована та ін.) має достатньо розгалужену класифікацію-ідентифікацію як виріб, що складається з карамельної маси і начинки або без неї.

Таблиця 4. Деякі товарознавчі характеристики різновидів карамелі

№	Особливості товарознавчих характеристик
1	Загорнена – виробляють у найбільшій кількості, всі види типової форми і однакового розміру: прямокутні – 220, овальні – 140 шт/1 кг; відрізняються кислотністю та забарвленням.
2	Поліпшений склад за рахунок наявності у рецептурі 10 % смаженого подрібненого арахісу.
3	Випускають без добавок і з добавками.
4	Буває штучною і ваговою, або, наприклад, Фігурна молочна,
5	Формують на валках, на бічній поверхні яких вигравірувані різні фігурки або частинки. Усі види монпансьє випускають незагорненими, зазвичай дрібного розміру, з нетягнутої або частково тягнутої карамельної маси і розрізняють за формою, забарвленням, ароматом
6	Асортимент формують за рахунок начинок, їхніх особливостей, поліпшувачів карамельної маси, зовнішнього оформлення та ін.
6.1	Основну частку займає загорнена без оброблення поверхні карамель. Назва багатьох видів такої карамелі відповідає назві фруктів і ягід.
6.2	Лікерні начинки – це уварений цукрово-патоковий сироп з додаванням алкогольних напоїв, органічних кислот, а для більшості і барвників, вологість начинок 14,4–16%.
6.3	Мають однаковий розмір (101 шт/кг), начинка становить 31%, вологість начинки (17+2)%, вміст спирту 28 кг/т
6.4	Медова начинка – це цукрово-патоковий сироп, уварений з медом, а для окремих видів і з іншими поліпшувачами.
6.5	Помадкова начинка – це ніжна дрібнокристалічна маса, яку виготовляють збиванням цукру і патоки.
6.6	Молочні начинки мають солодкий молочно-вершковий смак і вологість 14–16%.
6.7	Випускають з тягнутою оболонкою і начинкою, перешарованою карамельною масою.
6.8	Маси готують, старанно розтираючи необсмажені ядра горіхів або абрикосових кісточок і змішуючи цю масу з цукровою пудрою (простий марципан) або заварюючи її цукрово-патоковим сиропом (заварний марципан) з додаванням різних поліпшувачів.
6.9	Відрізняються від марципанових тим, що їх готують змішуванням більшої концентрації обсмажених ядер горіхів з цукровою пудрою, старанно розтирають, в деяких видах начинок додають кондитерський жир.
6.10	Має високі споживні властивості завдяки поєднанню какао-продуктів і смажених горіхів. Більшість її видів випускають загорненими, начинка становить 33–36%, вона перешарована карамельною масою.
6.11	Виробляють з різними начинками, переважно використовують кондитерську глазур.

Приклади методів контролю якості карамельних виробів за нормативно-технічною документацією (НТД).

За органолептичними та фізико-хімічними показниками якості карамель повинна відповідати вимогам ДСТУ 3893, які наведені у таблиці 5.

Таблиця 5. Органолептичні показники якості за НТД

Показник	Характеристика
Смак і запах	Відповідні даному найменуванню, без стороннього присмаку і запаху. Карамель, що містить жир, не повинна мати сального, згірлого чи іншого неприємного присмаку. Фруктово-ягідні начинки не повинні мати підгорілого присмаку.
Колір	Властивий даному найменуванню карамелі за НТД. Забарвлення рівномірне
Поверхня	Суха, без тріщин, вкраплень, гладка або з чітким малюнком. Не допускаються відкриті шви і сліди начинки на поверхні. Відкрита карамель не повинна злипатися в грудки. Для карамелі, виготовленої на формуючо-загорткових і ротаційно-формуючих машинах, і для карамелі з начинками, перешарованими карамельною масою, допускається неясність малюнка, невеликі тріщини і відколи країв, а для карамелі з начинкою незакрите карамельною оболонкою місце зрізу. Карамель, глазурована шоколадною глазур'ю, повинна бути блискучою, без жирового і цукрового посивіння. Допускаються незначне просвічування корпусу з денця карамелі і пошкодження поверхні при виробленні глазурованої карамелі. У карамелі з морською капустою допускаються включення часток порошку морської капусти.
Форма	Відповідна даному виду виробів, без деформації і перекоосу шву. Для карамелі, виготовленої на формуючо-загорткових машинах, допускається невелика деформація і нерівний зріз.

Визначення органолептичних показників якості карамелі проводять згідно з ДСТУ 4683. Методи ґрунтуються на ретельному огляданні відібраної об'єднаної проби (зовнішнього вигляду, форми, кольору) визначенні смаку та аромату, масової частки виробів з дефектами, а також масової частки оздоблювання. Визначення зовнішнього вигляду, поверхні, форми, кольору. Пробу карамелі оглядають та надають характеристику про відповідність зовнішнього вигляду, поверхні, форми, кольору вимогам нормативного документу. Визначення смаку і запаху. Смак і запах карамелі визначають куштуванням виробів та надають характеристику про відповідність цих показників нормативному документу. Розміри карамелі визначають за допомогою лінійки. Класифікація-ідентифікація продовольчих товарів необхідна для обробки інформації розподілу та вивчення споживчих їх властивостей з визначенням якості; це також планування інноваційної продукції й облік

товарообігу, удосконалення системи стандартизації товарів і їх сертифікації [1–15].

Методами фізико-хімічного аналізу у карамелі визначають масову частку сухих речовин (вологи) (ДСТУ 4910), масову частку редуруючих речовин (ДСТУ 5059), кислотність (ДСТУ 5024), масову частку начинки (ДСТУ 4683), масову частку глазурі (ДСТУ 4683), масову частку цукру, що відділився від оболонки (ДСТУ 4683), масову частку загальної сірчистої кислоти (ДСТУ 5025), масову частку загальної золи (ДСТУ 4672), масову частку йоду (ДСТУ 3893).

Висновки та перспективи подальшого розвитку ієрархії комплексних складових інноваційного навчання за дисципліною.

Проведено та проаналізовано товарознавчі характеристики виробництва різновидів карамелі: технологічні розрахунки, хімізм процесів карамелеутворення, аналіз технологічної та функціональної схеми виробництва, особливостей технології харчування та вимог до готової продукції та ін. Проведені відповідні дослідження з визначення фізико-хімічних та органолептичних властивостей, а також їх впливу на якість продукції. Запропоновані інновації щодо поліпшення властивостей різновидів партій сировини та відповідної сучасної продукції, відповідного обладнання, розширення асортименту, підвищення безпекових характеристик, ресурсо- та енергозбереження, проаналізовані різновиди асортименту продукції за різновидами галузей харчування, а також варіанти виробництва лікувально-профілактичного асортименту.

Для успішного розв'язку поставлених завдань необхідно навчально-методичне забезпечення всіх запланованих контрольних заходів – РГЗ, контрольні роботи, реферати, питання до аналізу самостійних робіт, співпраця зі студентами інших інститутів та ВНЗ при виконанні основних цілей комплексного проекту та ін.

Тематика індивідуальних завдань і вимоги до їхнього змісту й оформлення пов'язані з матеріалами поточного контролю за окремими темами лекційного матеріалу дисципліни: вивчення сутності основних хімічних процесів виробництва, сучасних технологій харчування, категорій товарознавства. Наприклад, набуття знань і вмінь щодо аналізу асортименту товарів; набуття знань і вмінь щодо контролю та оцінки якості і конкурентоспроможності товарів, кодування та маркування; вивчення властивостей найбільш важливих речовин та ін.

Студентам надані можливості доступу до різновидів лекційних та навчально-методичних матеріалів з організації самостійної роботи [16–23].

Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти ігрового проектування або завдання до рефератів, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання.

Представлені можливості комплексного інноваційного навчання студентів можуть бути застосовані для різновидів галузей сучасної харчової технології з урахуванням розвитку діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» (представництво на кафедрі ІТПА НТУ «ХП») – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів харчової та хімічної інженерії [19–23].

Список літератури

1. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с
2. Бухкало С.І., Товажнянський Л. Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2005. 460 с.
3. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2005. 496 с
4. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. Харчові технології у прикладах і задачах [текст] підручник К.: ЦНЛ, 2008. 600 с.
5. Бухкало С.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А. Технологічне обладнання харчової галузі (н.пос.). Х.: УПА-2009, 185
6. Бухкало С.І., Лазарев М.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А., Рубан Н.П., Новосельцев О.О. Процеси та апарати харчових виробництв (навч. пос.). Х.: УПА-2009, 153 с.
7. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Зипунников М.М., Ольховська О.І. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К.: ЦНЛ, 2013. 352 с.
8. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
9. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
11. 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.
12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладі та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
13. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладі та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
14. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладі та тести з технології переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К.: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
15. Бухкало С.І., Ігліні 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 С.І. Х.: НТУ «ХП». 208 с.
16. 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 «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
17. 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>.
18. 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.
19. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: 2014. № 16. С. 3–11.
20. Бухкало С.І. Комплексних інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
21. Бухкало С.І., Ігліні С.П., Кравченко В.О., Копейченко Є.А., Назаренко М.В. Приклади та задачі комплексного викладання дисципліни харчова хімія. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 89–96.
22. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
23. Бухкало С.І., Н. В. Якименко-Герещенко. Приклади комплексного викладання дисциплін – інноваційні ресторани технології, товарознавство та управління закупівлями. Вісник НТУ «ХП». 2023. № 1 (1365), с. 12–23.

References (transliterated)

1. Bukhkalov S.I. Tehnologija osnovnih harchovih virobniectv u prikladah i zadachah (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. 184 p
2. Bukhkalov S.I., Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P.A., Havin G.L. Osnovnye tehnologii pishhevyyh proizvodstv i jenergosberezhenie (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 460 p.
3. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Kapustenko P.O., Orlova E.I. Zagal'na tehnologija harchovih virobniectv u prikladah i zadachah [tekst] pidr. K.: CNL, 2005. 496 p
4. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Kapustenko P.O., Orlova E.I. Harchovi tehnologii u prikladah i zadachah [tekst] pidruchnik K.: CNL, 2008. 600 p.
5. Bukhkalov S.I., Ijuha M.G., Lazareva T.A. Tehnologichne obladnannja harchovoї galuzi (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 185 p.
6. Bukhkalov S.I., Lazarev M.I., Ijuha M.G., Lazareva T.A., Ruban N.P., Novosel'cev O.O. Procesi ta aparati harchovih virobniectv (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 153 p.
7. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Zipunnikov M.M., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2013. 352 p.
8. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Kapustenko P.O. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah, pidr. K. CNL, 2011. 832 p.

9. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2014. 412 p.
10. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
11. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnjans'kij L.L., 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. Kiiv «Centr uchbovoї literaturi»: 2016, 468 p.
12. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoї literaturi»: 2018, 108 p.
13. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmajlu). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoї literaturi»: 2019, 108 p.
14. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii pererobki plodoovochevoї sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. Pidruchnik z grifom. K: «CNL»: 2022, 108 p.
15. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noї vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. H.:NTU «KhPI». 208 p.
16. 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/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – p. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
17. 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.
18. 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.
19. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2014. № 16. S. 3–11.
20. Bukhhalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vikladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja – modeli programuvannja.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
21. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Kravchenko V.O., Kopejchenko C.A., Nazarenko M.V. Prikladi ta zadachi kompleksnogo vikladannja disciplini harchova himija. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 89–96.
22. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhenja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoї masi na її vlastivosti ta konkurentospromozhnist' dlja riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.
23. Bukhhalo S.I., N.V. Jakimenko-Tereshhenko. Prikladi kompleksnogo vikladannja disciplin – innovacijni restoranni tehnologii, tovaroznavstvo ta upravlinnja zakupivljami. Visnik NTU «KhPI». 2023. № 1(1365), pp. 12–23.

Надійшла (received) 19.09.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало 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

Якименко-Терещенко Наталія Василівна (Jakimenko-Tereshchenko Nataliia Vasiliivna) – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри туризму і готельно-ресторанного бізнесу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0003-2927-7989 ; e-mail: jakimenkotereshchenko@gmail.com

S. I. BUKHALO, N. V. YAKIMENKO-TERESHCHENKO

METHODS FOR PROMOTION OF PRODUCTS IN THE RESTAURANT BUSINESS

The materials of the article consider examples the possibilities for determining the educational goals of university students for the purpose of developing the discipline Innovative restaurant technologies, Commodity science and procurement management for the development of complex projects. When writing the article, the experience of teaching the disciplines General Food Production Technologies, Food Chemistry and Modern Food Technologies at the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" at the Department of Integrated Technologies, Processes and Devices in 2002–2023 was used. Complex systems for determining the components of the discipline determined competence and quality material, and the issues under consideration are overlooked through the prism of one's own creative perception, which makes the material especially valuable. Developments are carried out using modern highly effective science-based technologies of food production, from types of classification-identification analysis, general concepts and requirements to types of methodology for determining quality indicators of the quality level and their evaluation through the selection of calculation algorithms at various stages of production and use of the obtained goods.

Keywords: food chemistry, modern food technologies, commodity science and procurement management, innovative restaurant technologies, science-based methods of teaching students, definition of example models.

О. В. ЄФІМОВ, Л. І. ТЮТЮНИК, Т. А. ГАРКУША, І. Д. СИДОРКІН, Д. Г. ВАСЮНІН

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ ТЕС І АЕС

У матеріалах статті аналізується нинішній стан енергетики в Україні та країнах світу та аналізуються шляхи підвищення ефективності ТЕС та АЕС. На елементи енергоблоку можуть впливати процеси старіння, що виникають з часом або в результаті тривалого використання. Негативний вплив старіння може привести до деградації елемента, а саме до погіршення його надійності і, як наслідок, безпеки енергоблоку в цілому. Розробка і впровадження заходів щодо уповільнення процесів старіння і щодо забезпечення надійної експлуатації елементів в період перепризначеного ресурсу є обов'язковим видом діяльності з управління старінням тепломеханічного обладнання і трубопроводів. Моніторинг технічного стану елементів виконується шляхом контролю встановлених параметрів і характеристик, що визначають технічний стан елементів, в період їх роботи, при проведенні випробувань, вимірювань, експлуатаційного контролю металу, ремонтів і техобслуговування елементів. Моніторинг повинен здійснюватися систематично впродовж усього терміну експлуатації енергоблоку. В свою чергу, технічна діагностика контролює поточний стан всіх елементів, виявляє аномальні стани, визначає причини їх появи, що дозволяє оцінити ситуацію і прийняти заходи по їх усуненню. Мета статті полягає в аналізі основних підходів до оцінки стану енергетичного обладнання теплових та атомних електричних станцій.

Ключові слова: старіння теплоенергетичного обладнання

O.V. YEFIMOV, L.I. TIUTIUNYK, T. A. HARKUSHA, I.D. SYDORKIN, D. G. VASYUNIN

ANALYSIS OF THE MAIN APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE CONDITION OF TPP AND NPP EQUIPMENT

The materials of the article analyze the current state of the energy industry in Ukraine and the countries of the world and analyze the ways to increase the efficiency of thermal power plants and nuclear power plants. The elements of the power unit can be affected by aging processes that occur over time or as a result of long-term use. The negative impact of aging can lead to the degradation of the element, namely to the deterioration of its reliability and, as a result, the safety of the power unit as a whole. The development and implementation of measures to mitigate aging processes and to ensure reliable operation of elements during the reassigned resource period is a mandatory type of activity for managing the aging of thermomechanical equipment and pipelines. Monitoring of the technical condition of the elements is performed by monitoring the established parameters and characteristics that determine the technical condition of the elements, during their operation, during tests, measurements, operational control of metal, repairs and maintenance of the elements. Monitoring should be carried out systematically throughout the entire life of the power unit. In turn, technical diagnostics monitors the current state of all elements, detects abnormal conditions, determines the causes of their appearance, which allows you to assess the situation and take measures to eliminate them. The purpose of the article is to analyze the main approaches to assessing the state of energy equipment of thermal and nuclear power plants.

Keywords: aging of thermal power equipment..

І.Вступ.

Сучасна енергетика, як і інші галузі науки і виробництва, перебуває під безпосереднім впливом науково-технічної революції. Розвиток енергетики характеризується не тільки бурхливо зростаючим споживанням енергії всіх видів, але і вельми істотними структурними змінами у виробництві, транспортуванні та розподілі електроенергії.

Передбачуване зростання електроенергетики на початку цього століття, викликано бурхливим розвитком усіх галузей промисловості, сільського господарства, збільшенням народонаселення, яке вражає своїми масштабами. Споживання органічних видів палива за останні десятиліття зросло в кілька разів, і потреба в паливі має різко виражену тенденцію зростання [1].

Сукупність установок, які перетворюють хімічну енергію органічного палива на теплову та електричну, працює у складі електричних станцій (теплових або атомних). Основне призначення електричних станцій – забезпечення електричною енергією підприємств промислового і сільськогосподарського виробництва, комунального господарства і транспорту. Електростанції можуть також забезпечувати підприємства і житлові будинки водяною парою і гарячою водою.

В енергетичному балансі України, теплові електричні станції (ТЕС) є основним джерелом електричної та теплової енергії. На електростанціях, які призначені для комбінованого виробництва електричної і теплової енергії (ТЕЦ), установлюють парові турбіни з проміжними відборами пари для теплофікації. На таких установках теплоту відпрацьованої пари частково або навіть повністю використовують для теплопостачання, унаслідок чого втрати теплоти з охолоджувальною водою в конденсаторі скорочуються або їх взагалі немає. Однак частка енергії, перетвореної з хімічної на електричну, при тих самих початкових параметрах пари на установках з теплофікаційними турбінами нижча, ніж на установках з конденсаційними турбінами. Зазвичай ТЕЦ будують поблизу споживачів теплової енергії – біля промислових підприємств або житлових масивів [2].

Якщо для виробництва електроенергії використовують конденсаційні установки, а теплову енергію для теплопостачання виробляють в окремій котельній установці, то таке виробництво електричної і теплової енергії називають роздільне.

© Єфімов О.В., Тютюник Л.І., Гаркуша Т.А., Сидоркін І.Д., Васюнін Л.Г., 2023

Сучасна ТЕС – це складне підприємство, яке включає в себе велику кількість різного устаткування (теплових, електричного, електронного тощо) і будівельних конструкцій. Основним устаткуванням ТЕС є котельня і теплова установка. За типом теплової установки (теплого двигуна) теплові електричні станції бувають: паротурбінні (основний вид електростанцій), газотурбінні і парогазові ТЕС, а також електростанції з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) [3].

Централізоване теплопостачання споживачів, здійснюване з використанням тепла пари, частково спрацьованої у проточній частині турбіни, забезпечує значну економію палива, поліпшує якість теплопостачання, зменшує забрудненість навколишнього середовища. Встановлена потужність теплофікаційних турбін становить 39% сумарної потужності теплових електростанцій.

Теплові електростанції та їх обладнання невпинно розвиваються, стають все більш потужними і складними. Зростання потужності ТЕС здійснюється на базі нових науково-технічних рішень із застосуванням сучасних систем автоматизованого управління виробничими процесами.

Підвищення енергетичного потенціалу робочого тіла (пари) за рахунок збільшення початкових параметрів пари перед турбіною до значень 12,75 МПа (130 ата) і 23 МПа (240 ата), а також введення проміжного перегріву пари підняли економічність агрегатів на 10-15%. При блочному виконанні (котел – турбіна – генератор) – вартість ТЕЦ знижується на 15-20% порівняно з іншими компоновками. Всі великі ТЕС мають блочне виконання.

За призначенням ТЕС бувають районні (загального користування), які забезпечують усіх споживачів тепловою та електричною енергією в цьому районі місцевості і є самостійними виробничими підприємствами, і промислові електростанції, які входять до складу виробничих об'єктів і призначені переважно для їх енергопостачання, а також міських і сільських районів, що прилягають до них.

Найпоширеніші в енергетиці паротурбінні електростанції поділяють за рівнем теплової потужності агрегатів: малої потужності (з агрегатами до 25 МВт), середньої потужності (з агрегатами до 50...100 МВт), великої потужності (з агрегатами більше 100 МВт); а також за початковими параметрами водяної пари: низького (до 3 МПа), середнього (3...5 МПа), високого (9...17 МПа) і понадкритичного тиску (більше 24 МПа). Класифікація ТЕС за рівнем потужності і тиску умовна, тому що ці показники мають тенденцію до зростання.[4]

II. Основна мета роботи.

Сьогодні у світі електроенергія виробляється в основному (50 – 70%) на теплових електростанціях (ТЕС) з використанням органічних палив: природного газу і вугілля. Їх обладнання розраховано на тривалу роботу.

Технічний рівень цього обладнання з теплової економічності, автоматизації та чисельності персоналу, шкідливих викидів у навколишнє середовище не завжди відповідає сучасним вимогам. Переважна частина обладнання світової електро- та теплоенергетичного комплексу фізично зношена майже на 50-70%. Для підвищення ефективності ТЕС важливе значення має будівництво нових високоефективних електростанцій, виведення з експлуатації старого низько економічного обладнання та заміна його перспективним, що забезпечує радикальне зниження питомих витрат палива на виробництво електроенергії і тепла, підвищення коефіцієнту використання встановленої потужності та коефіцієнту корисної дії, зниження штатного коефіцієнта, зниження екологічно шкідливих викидів у навколишнє середовище, а також зменшення ремонтних витрат. У світі сьогодні в теплової енергетиці будуються і надійно працюють вугільні енергоблоки з коефіцієнтом корисної дії (ККД) 45 – 46% і парогазові установки (ПГУ) з ККД 55 – 58%.

Мета роботи полягає в аналізі основних підходів до оцінки стану обладнання ТЕС і АЕС.

Цим проблемам присвячена велика кількість статей, публікацій, журналів. На їх основі і розглянуто питання пошуку оптимальних рішень в ТЕС та АЕС для підвищення економічності та підвищення корисних експлуатаційних властивостей енергетичних станцій.

III. Основна частина.

Аналіз методів і підходів до оцінки старіння теплоенергетичного устаткування

На елементи енергоблоку можуть впливати процеси старіння, що виникають з часом або в результаті тривалого використання. Негативний вплив старіння може привести до деградації елемента, а саме до погіршення його надійності і, як наслідок, безпеки енергоблоку в цілому.

Для управління старінням елемента встановлюються визначальні параметри стану елементів і їх граничнодопустимі значення, а також обрані методи і засоби контролю цих параметрів. При цьому перевага віддається неруйнівним методам контролю, а також методам, які можуть бути застосовані для елементів, що знаходяться в роботі [5].

При здійсненні діяльності з управління старінням тепломеханічного обладнання і трубопроводів енергоблоку особливу увагу приділяють:

- обстеженню елементів з подальшим виявленням і вивченням процесів старіння;
- оцінці технічного стану з подальшим перепризначенням ресурсу;
- розробці і впровадженню моніторингу домінуючих процесів старіння;
- розробці і впровадженню заходів щодо пом'якшення процесів старіння;

– постійному контролю параметрів технічного стану, спрямованому на підтвердження того, що експлуатаційна надійність критичних елементів підтримується відповідно до вимог технічної документації.

Результати оцінки технічного стану тепломеханічного обладнання та трубопроводів представляються у вигляді звітів, які містять:

- визначення проектних ресурсних характеристик елементів;
- механізми старіння і їх вплив на зазначені експлуатаційні параметри і характеристики;
- оцінку існуючих засобів і методів контролю, діагностики елементів, в тому числі перевірок і випробувань, аналіз отриманої інформації;
- оцінку реалізованих і запланованих заходів по зниженню впливу старіння, як в режимах нормальної експлуатації, так і в аварійних режимах;
- формування прогнозу зміни ресурсу аналізованих елементів впродовж подовженого терміну експлуатації і можливості виконання ними функцій безпеки [6].

Розробка і впровадження заходів щодо уповільнення процесів старіння і щодо забезпечення надійної експлуатації елементів в період перепризначеного ресурсу є обов'язковим видом діяльності з управління старінням тепломеханічного обладнання і трубопроводів. Як показує практика, довговічність елементів енергоблоків АЕС визначається, в основному, активністю ерозійно-корозійних та інших зношувачих процесів. При цьому інші критерії надійності, в першу чергу – по малоциклової втомі, відповідають нормативним вимогам [7].

Разом з тим в процесі тривалої експлуатації діє механізм накопичення пошкоджень в результаті вичерпання тривалої пластичності і, як наслідок, охрупчення шарів металу, що піддаються впливу найбільших напружень. При глибокому вичерпанні ресурсу в матеріалі з'являються тріщини, які при подальшому розвитку призводять до серйозного пошкодження деталі.

Призначений проектом термін експлуатації енергоблоків АЕС з високою імовірністю дає впевненість, що критичні елементи, як і блок АЕС в цілому, за умови відповідного технічного обслуговування, ремонтів та експлуатаційного контролю, впродовж цього терміну будуть відповідати критеріям безпеки [8].

Проведення обстеження технічного стану з метою подовження терміну експлуатації обладнання включає наступні етапи виконання робіт: аналіз технічної документації; аналіз досвіду експлуатації; оцінку технічного стану по визначальних параметрах; оцінку технічного стану по міцних параметрах; оцінку залишкового ресурсу за результатами вимірювання параметрів граничного стану; прийняття рішення про можливість подовження терміну експлуатації обладнання і оформлення висновку [9].

Технічна документація електростанції включає аналіз по режимах експлуатації, пошкодженнях, змінах геометрії у період відновлювальних ремонтів основних елементів енергоблоку, результатах контролю металу впродовж усього терміну їх експлуатації. З метою оцінки стану металу високотемпературних елементів проводять вивчення та систематизацію експлуатаційної і ремонтної документації по результатах контролю металу за весь період експлуатації енергоблоку. Після цього фіксують різні види пошкоджень (тріщини, розтріскування, промивання) і відтворюють у геометричній моделі елемента. Такий підхід дозволяє наблизити розрахункову модель до реального стану елемента енергоблоку після тривалої експлуатації.

За результатами оцінки технічного стану елементів енергоблоків, управління старінням передбачає розробку відповідних заходів щодо пом'якшення і призупиненню процесів старіння, які реалізуються в рамках:

- технічного обслуговування і ремонту;
- реконструкції (модернізації);
- заміни елементів або комплектуючих;
- зміни умов і режимів експлуатації.

Рішення про доцільність здійснення заходів щодо подовження експлуатації енергоблоку АЕС приймає експлуатуюча організація, виходячи з можливості забезпечення безпеки на рівні, встановленому в діючих нормах і правилах з ядерної та радіаційної безпеки, шляхом проведення аналізу економічних факторів та технічного стану критичних елементів блоку АЕС [4].

Управління старінням теплоенергетичного обладнання

Моніторинг процесів старіння виконується з метою отримання своєчасної та достовірної інформації про стан процесів старіння елемента.

Для моніторингу процесу старіння конкретного елемента енергоблоку із загальної кількості механізмів старіння даного елемента вибираються домінуючі механізми старіння, які носять основний вклад в процес старіння. Методика вибору домінуючих механізмів старіння визначається типовими програмами оцінки технічного стану для відповідних елементів енергоблоків.

Моніторинг технічного стану елементів виконується шляхом контролю встановлених параметрів і характеристик, що визначають технічний стан елементів, в період їх роботи, при проведенні випробувань, вимірювань, експлуатаційного контролю металу, ремонтів і техобслуговування елементів. Моніторинг повинен здійснюватися систематично впродовж усього терміну експлуатації енергоблоку. В свою чергу технічна діагностика контролює поточний стан всіх елементів, виявляє аномальні стани, визначає причини їх появи, що дозволяє оцінити ситуацію і прийняти заходи по їх усуненню.

При оснащенні енергоблоків АЕС системою технічної діагностики застосовують наступний

системний підхід: результати вимірювання параметрів енергоблоку штатної автоматичної системи управління технологічними процесами дають достатню інформацію про режими роботи і стан обладнання, а для вирішення задач діагностування необхідно правильно організувати збір даних і їх обробку [10].

Прогнозування залишкового ресурсу обладнання можливе тоді, коли критерії граничного стану обладнання визначені в чисельних значеннях, а під час експлуатації обладнання здійснюються вимірювання і реєстрація параметрів.

Автоматична система технічної діагностики (АСТД) повинна вирішувати основні задачі діагностики, а саме:

- визначення поточного стану діагностуючого обладнання;
- прогнозування змін цього стану;
- визначення стану цього обладнання в минулому, бо без цього неможливо буде оцінити теперішній і майбутній стан, в тому числі аварійний;

– супроводження аварії або після аварійний стан.

Виконання умов технічного обслуговування обладнання дозволить чітко виявити технічний стан обладнання енергоблоків, запобігти аваріям, повноцінно використовувати ресурси і обладнання, скоротити експлуатаційні витрати [11].

Все це виражається в коригуванні графіка ремонтів в сторону скорочення термінів (міжремонтного циклу), скороченні чисельності ремонтного персоналу, чіткому плануванні робіт. Відбувається перехід до нової прогресивної форми технічного обслуговування обладнання по реальному технічному стану, в основі якого лежить пропозиція про можливість оцінки і прогнозування залишкового ресурсу, відновлення ресурсу шляхом проведення ремонтно-відновлювальних робіт, спланованих по результатах аналізу експлуатації з врахуванням реального стану обладнання АЕС, отриманого при проведенні діагностичного обслуговування і досліджень (табл. 1).

Таблиця 1 – Керування старінням елементів енергоблоку

Елемент програми управління старіння АЕС	Елемент / область	Механізм деградації / наслідки старіння	Заходи із зменшення впливу ефектів старіння
Реактор - корпус	Кільцеві зварні шви. Оболонки активної зони корпусу реактора.	Радіаційне охрупнення і зміцнення	Використання в реакторі паливних завантажень зі зниженням виходу нейтронів
	Весь корпус реактора	Термічне охрупнення і зміцнення	Не потрібні
	Внутрішня поверхня корпусу (наплавка КР (корпусу реактора))	Корозія, корозійне розтріскування під напругою	Моніторинг та контроль параметрів водно-хімічного режиму першого контуру відповідних до чинних (нормативних документів)
Захисні труби	Блок захисних труб	Втома	Дотримання технологічного регламенту щодо кількості циклів навантаження реакторної установки
		Корозійне розтріскування під напругою	Моніторинг та контроль параметрів водно-хімічного режиму першого контуру відповідних до чинних (нормативних документів)
	Упорне кільце	Малоциклова втома	Дотримання технологічного регламенту щодо кількості циклів навантаження реакторної установки
		Багатоциклова втома	Виконати заміну тороїдальних прижимних труб
Всі елементи	Корозія	Не потрібні	
Парогенератор	Корпус, перший колектор	Малоциклова втома	Не потрібні
	Теплообмінні труби, фланцеві роз'єми колекторів першого контуру, вузол приєднання колекторів до патрубків	Корозійне розтріскування під напругою, корозійна втома, міжкристалічне розтріскування	Не потрібні
Парова турбіна		Ерозійно-корозійне зношення; загальна і локальна корозія	Знизити тривалість роботи турбіни в номінальному діапазоні міцності
Турбогенератор		Вібраційні навантаження, старіння ізоляції обмоток ротора	Не потрібні

На підставі моніторингу процесів старіння і технічного стану елементів енергоблоку встановлюються вимоги до виконання додаткових робіт (вимірів, контролю металу, випробувань та ін.) для основних об'єктів робіт в періоди капітальних ремонтів для обґрунтування можливості подовження ресурсу/терміну служби елементів, перепризначення ресурсу яких проводиться в рамках капітального ремонту.

Головною перешкодою на шляху впровадження діагностичних систем є додаткові капітальні витрати, що становлять до 20 % вартості обладнання. Однак, як показує досвід, ці витрати швидко окупаються (впродовж одного-двох років), а потім дають відчутний прибуток. Підвищення безпеки експлуатації енергоблоків електричних станцій досягається за рахунок розширення обсягу інформації про стан об'єктів діагностування, прогнозування розвитку подій і рекомендацій технічному персоналу про подальші дії. Впровадження АСТД дозволяє також замість планово-попереджувального ремонту перейти на організацію ремонтного обслуговування обладнання за його фактичним станом, що дає суттєвий економічний ефект за рахунок додаткового вироблення електроенергії та зменшення ремонтних витрат [12–14].

Метою технічного діагностування обладнання є висновок про справність і дієздатність конкретного типу обладнання, а засоби технічної діагностики повинні забезпечити виявлення дефектів, які впливають на дієздатність діагностованого обладнання і забезпечити прогнозування його залишкового ресурсу (табл. 1).

Висновки.

Проведено аналіз основних методів і підходів до оцінки функціонального стану теплоенергетичного устаткування ТЕС і АЕС.

Розглянуті основні етапи моніторингу і керування процесом старіння устаткування.

Список літератури

1. Широков С.В. Ядерні енергетичні реактори / С.В. Широков./ Київ : –ННТУ «КПІ»–1997. – 279 с.
2. Elements of nuclear reactor design. Second edition/ Robert E. Krieger Pub. Co. /Melbourne, Florida (USA): –1983. – 275 p.
3. Єфімов О.В. Конструкції, матеріали, процеси і розрахунки реакторів і парогенераторів АЕС: навч. посібник / О.В. Єфімов, М.М. Пилипенко. – Харків: Видавництво «Підручник НТУ «ХПІ», 2010. – 268 с.
4. Реактори і парогенератори енергоблоків АЕС: схеми, процеси, матеріали, конструкції, моделі / О.В. Єфімов, М.М. Пилипенко, Т.В. Потаніна та ін.: за ред. О.В. Єфімова. – Харків: ТОВ «В справі», 2017. – 420 с.
5. Steam Generators for Nuclear Power Plants (Woodhead Publishing Series in Energy) 1st Edition, Kindle Edition/Jovica Riznich (Editor). /Sawston: – Cambridge –2017. – 275 p.
6. Оптимізація режимів роботи енергоблоків атомних електростанцій / О. В. Єфімов, В. Л. Каверцев, Л. І.

Тютюнник, Т. А. Гаркуша, А. В. Мотовільник, І. Д. Сидоркін / Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, 2023, № 1 (1365), стр. 44-48

7. Єфімов О. В. та ін. Автоматизована система підтримки прийняття рішень експлуатаційним персоналом енергоблоків АЕС по критерію техніко-економічної ефективності з урахуванням показників надійності. Ядерна та радіаційна безпека. 2018. № 2(78). С. 11–19. <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202040387>.

8. Yefimov O. V., Potanina T. V., Yesypenko T. O., Kavertsev V. L., Harkusha T. A., Tiutiunyk L. I. Systems supporting decisions at the stage of operation and equipment diagnostics nuclear power units with pressurised water reactors. Scientific research of the XXI century. Volume 1 : collective monograph. Compiled by V. Shpak ; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, Los Angeles : GS publishing service, 2021. 430 p.

9. Схеми, процеси, матеріали, конструкції і моделі реакторних і парогенераторних установок енергоблоків АЕС і газо-паротурбінних установок ТЕС. / О.В. Єфімов, М.М. Пилипенко, Т.В. Потаніна та ін.: за ред. О.В. Єфімова. – Харків: ТОВ «В справі», 2023. – 556 с.

10. Єфімов О. В. та ін. Використання методів інтервального аналізу для оцінки безпеки та надійності енергоблоків АЕС. Ядерна та радіаційна безпека. 2018. № 3(79). С. 15–21. <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=72020403>.

11. Basic bases of calculations and optimization of npp power unit equipment parameters methods of mathematical modelling / A. Yefimov, B. Ilchenko, L. Tiutiunyk, T. Harkusha, T. Yesipenko, A. Motovilnik / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, № 1(5) 2021, стр. 29-32

12. Mathematical relations of models of single-phase flows in the channels of reactors and steam generators of NPPs for calculation of heat transfer processes and hydrodynamic characteristics / A.Yefimov, M.Pylypenko, V.Kavertsev, T.Harkusha, L.Tiutiunyk, A.Motovilnik / Problems of Atomic science and technology. Kharkiv. – 2022. – № 1(137). – P.179-185. <http://vant.kipt.kharkov.ua>

13. Steam Generators for Nuclear Power Plants (Woodhead Publishing Series in Energy) 1st Edition, Kindle Edition/Jovica Riznich (Editor). /Sawston: – Cambridge –2017. – 275 p.

14. Топольницький М.В. Атомні електричні станції/М.В.Топольницький. /– Львів : – Бескид Біт– 2005. – 523 с

References (transliterated)

1. S.V. Shirokov Nuclear power reactors / S.V. Shirokov./ Kyiv: –NNTU "KPI" –1997. - 279 p.
2. Elements of nuclear reactor design. Second edition/ Robert E. Krieger Pub. Co. /Melbourne, Florida (USA): –1983. – 275 p.
3. Yefimov O.V. Constructions, materials, processes and calculations of reactors and steam generators of NPPs: textbook. manual / O.V. Yefimov, M.M. Pilipenko. – Kharkiv: Publishing House "Textbook of NTU" KhPI ", 2010. 268 p.
4. Reactors and steam generators of NPP power units: schemes, processes, materials, structures, models / O.V. Yefimov, M.M. Pilipenko, T.V. Potanina et al ..: ed .. O.V. Yefimova. - Kharkiv: LLC "In the case", 2017. - 420 p

5. Steam Generators for Nuclear Power Plants (Woodhead Publishing Series in Energy) 1st Edition, Kindle Edition/Jovica Riznich (Editor). / [Sawston](#): – [Cambridge](#) –2017. – 275 p.

6. Optimization of operating modes of power units of nuclear power plants / O. V. Yefimov, V. L. Kavertsev, L. I. Tiutiunyk, T. A. Harkusha, A. V. Motovilnik, I. D. Sydorkin / Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Innovative research in students' scientific works, 2023, No. 1 (1365), p.44-48

7. Yefimov O. V. et al. (2018), "Автоматизована система підтримки прийняття рішень експлуатаційним персоналом енергоблоків AES по критерію техніко-економічної ефективності з урахуванням показників надійності [Automated decision support system by operational personnel of NPP power units according to the criterion of technical and economic efficiency taking into account reliability indicators]", *Jaderna ta radiacijna bezpeka* [Nuclear and radiation safety], no. 2(78), pp. 11–19. <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202040387>.

8. Yefimov O. V., Potanina T. V., Yesipenko T. O., Kavertsev V. L., Harkusha T. A., Tiutiunyk L. I. Systems supporting decisions at the stage of operation and equipment diagnostics nuclear power units with pressurised water reactors. Scientific research of the XXI century. Volume 1 : collective monograph. Compiled by V. Shpak ; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, Los Angeles : GS publishing service, 2021. 430 p.

9. Schemes, processes, materials, designs and models of reactor and steam generator units of NPP power units and gas-steam turbine units of TPPs. / O.V. Yefimov, M.M. Pylypenko, T.V. Potanina et al.: edited by O.V. Yefimova - Kharkiv: LLC "In Case", 2023. - 556 p.

10. Yefimov O. V. et al. (2018), "Використання методів інтервального аналізу для оцінки безпеки та надійності енергоблоків AES [Use of interval analysis methods to assess the safety and reliability of NPP power units]", *Jaderna ta radiacijna bezpeka* [Nuclear and radiation safety], no. 3(79), pp. 15–21. <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=72020403>.

11. Basic bases of calculations and optimization of npp power unit equipment parameters methods of mathematical modelling / A. Yefimov, B. Ilchenko, L. Tiutiunyk, T. Harkusha, T. Yesipenko, A. Motovilnik / Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Energy Bulletin of the KhPI National Technical University. Series: Energy and heat engineering processes and equipment, No. 1(5)2021, pp. 29-32

12. Mathematical relations of models of single-phase flows in the channels of reactors and steam generators of NPPs for calculation of heat transfer processes and hydrodynamic characteristics / A. Yefimov, M. Pylypenko, V. Kavertsev, T. Harkusha, L. Tiutiunyk, A. Motovilnik / Problems of Atomic science and technology. Kharkiv. 2022. № 1(137), pp.179–185.

<http://vant.kipt.kharkov.ua>

13. Steam Generators for Nuclear Power Plants (Woodhead Publishing Series in Energy) 1st Edition, Kindle Edition/Jovica Riznich (Editor). / [Sawston](#): – [Cambridge](#) 2017. – 275 p.

14. M.V. Topolnytskyi Atomic electric stations/M.V. Topolnytskyi. / Lviv: – Beskyd Bit– 2005. – 523 p.

Надійшла (received) 19.09.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Єфімов Олександр Вячеславович (Ефимов Александр 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

Тютюник Лариса Іванівна (Тютюник Лариса Ивановна, 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

Гаркуша Тетяна Анатоліївна (Harkusha Tetyana Anatoliivna) – науковий співробітник кафедри

парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

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

Сидоркін Ігор Дмитрович (Sydorkin Igor Dmytrovych) – аспірант, кафедра парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

e-mail: Ihor.Sydorkin@ieec.khpi.edu.ua

Васюнін Дмитро Геннадійович (Vasyunin Dmytro Gennadiyovych) – аспірант, кафедра парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

e-mail: Dmytro.Vasiunin@ieec.khpi.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-0660> e-mail: ageicheva@ukr.net

S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, S. O. SHKIL, S. Y. BOLOTNIKOV

THE ROLE OF TRANSLATION IN CROSS-CULTURAL COMMUNICATION

The processes of translation as a separate type of communication, and examines the types of linguistic competence in the communication process that are associated with the transfer of information is studied in the article. The obstacles that arise during translation are identified, and the translation process is revealed as a result and act of communication. Practical translation methods are identified. It enables maximum improvement of translation and minimization of all difficulties arising in the translation process. The use of various methods and techniques of active learning arouses students' interest in the educational and cognitive activity itself, which enables creating an atmosphere of motivated, creative learning and at the same time solving a whole range of educational, educational, developmental tasks. It is also appropriate to add that cross-cultural competence cannot be fully utilized without the ability to conduct business negotiations, express one's opinion clearly, and also without knowledge of the general provisions of business ethics.

Key words: information, communication, translation, culture, transformation, component analysis, language competence, foreign language, communication.

Introduction. Full mastery of a foreign language without contact with the culture of the state of the language being studied, with the mentality of the people living there and speaking this language is impossible. The works of scientists dealing with translation issues emphasize the role of translation in the development of economics, science, culture and communication. Any type of communication is possible between representatives of the same or different cultures and languages. In this case, we can talk about intercultural communication, in which people with different cultural experiences participate. This communication allows people with different cultural customs and baggage to communicate, which, on the one hand, is important, but on the other hand, can cause misinterpretation and even disrupt communication, since intercultural communication is the communication and behavior of people with different cultural backgrounds

Identification of previously unsettled parts of the general problem. When communicating between multilingual people, a certain common language is needed to facilitate understanding. In such cases, translation is a possible way of communication. People have been using translations from one language to another for a long time, but it should be noted that only in recent decades have the processes of intercultural communication and translation been considered in close connection. When considering these processes, we should not forget that the main role in these matters is played by a translator - a person who speaks one or more foreign languages and who provides intercultural communication. To ensure intercultural communication, a translator today must not only be bilingual, but also "bicultural." Translation is not only linguistic, but also cultural communication. The translation process always involves two aspects - language and culture, since they are inseparable. Language not only expresses cultural reality, but also gives it form. The meaning of a linguistic element is understandable only when it is consistent with the cultural context in which it is used. When translating from one language to another, a translator needs to connect the cultural context of the source text and the communicative text of the translation.

The main purpose of this paper is to estimate the role of translation for crosscultural communication

The main part. One of the important points in conversational translation is the understanding of the fact that translation is an interaction between individuals, in which communications are between representatives of two cultures, and translation in this case is a means of not only interlingual, but also intercultural communication. Language in this case acts as a component of culture, and culture in this context is the totality of the material and spiritual achievements of society, the combination of the versatility of the historical, psychological and social characteristics of the people; his behavior, history, way of life, living conditions, that is, all factors of existence and consciousness, and, of course, language. In this understanding, language is a unified social and cultural formation, which reflects the characteristics of a people as the bearer of a specific culture, which distinguishes and distinguishes it from the diversity of other cultures.

The branching of linguistic cultures leads to the fact that terms often form a closed nomenclature. The problem of their translation is complicated by the absence of corresponding denotations in the culture of the target language or the novelty of these denotations in the source culture. This makes it necessary to look for analogies, resort to tracing or descriptive translation of such terms by interpreting their content and, accordingly, requires training of translators in the field of future specialization. Thus, aspects of culture in translation appear in various guises: in overcoming intercultural misunderstanding, in the problems of adequately conveying the vocabulary of representatives of a certain profession, in observing the principles of politeness, business etiquette, and political correctness in interlingual activities

In the process of translation, not only two or more languages interact, but also two or more cultures that have common features and national specifics. Identifying what is common, what is international, and what is special, what is national, is of great importance in understanding such a phenomenon as intercultural communication.

© Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Shkillo S.O., Bolotnikov S.Y., 2023

After all, the translator's task is not only to convey the meaning of a foreign language text to the addressee, but also to convey the concept of another culture, choosing the necessary and optimal method of translation for this purpose.

As practice shows, in order to effectively support various intercultural contacts and forms of communication, partners, along with knowledge of the appropriate language, need to be aware of the norms, rules, traditions, customs of another cultural environment, since this process represents a mutual understanding of two more participants in a communicative act belonging to different cultures. Mere knowledge and proficiency in a relevant foreign language is not enough for full mutual understanding. In this case, it is necessary to know the complex forms of behavior, history, culture and traditions of one's communication partners. When communicating between multilingual people, a certain common language is needed to facilitate understanding. In such cases, translation is a possible way of communication. People have been using translations from one language to another for a long time, but it should be noted that only in recent decades have the processes of intercultural communication and translation been considered in close connection. When considering these processes, we should not forget that the main role in these matters is played by a translator - a person who speaks one or more foreign languages and who provides intercultural communication. To ensure intercultural communication, a translator today must not only be bilingual, but also "bicultural." Translation - not only linguistic, but also cultural communication. The translation process always involves two aspects - language and culture, since they are inseparable. Language not only expresses cultural reality, but also gives it form. The meaning of a linguistic element is understandable only when it is consistent with the cultural context in which it is used. When translating from one language to another, it is necessary to connect the cultural context of the source text and the communicative text of the translation. Taking into account all the above, it is necessary to determine a practical solution for successful translation from a communication point of view.

For these purposes, you can use transformation or component analysis. Transformation is a translation technique in which the process of transferring a word from the original language to the target language occurs. Some translation theorists during transformation imply transliteration - the transfer of a foreign word into the target language by reproducing its graphic form. Such a transformation is specific and concise, but it does not convey the content, although it emphasizes the cultural aspect. Such a message has no communicative value.

Component analysis is a technique for decomposing lexical units into various semantic components, while the meaning of the content is highlighted and important, while the cultural aspect is excluded.

Which method is most appropriate for full translation in intercultural communication depends on

the type of text, the requirements of the addressee, as well as the importance of specific cultural terms used in translation. But it is always important to remember the situational context, that is, who, when and why the text was written, who will read it and for what purpose. A translator who manages to correctly answer all these questions successfully resolves issues that arise in intercultural communication.

Thus, we must note that translation is not just the words of a sentence that we use in the communication process, it is primarily cultural characteristics. And in order to achieve adequacy in translation, the translator must know the culture of the source text language, the target language, the purpose of communication and the target audience. Therefore, due to the difference in culture and language, there will not be an exact translation, but the greater the similarity between the cultures of the two languages, the more productive the translation is in the process of intercultural communication.

It should be especially emphasized that the perception of other cultures occurs on the basis of our ethnic culture, which is an obstacle to intercultural communication and communication. Therefore, professionally oriented training of a translator must necessarily include studying the basics of intercultural communication, designed to form him as an individual who speaks both native and foreign culture, which presupposes his perception and understanding of all aspects of intercultural dialogue. In the aspect of cross-cultural communication, culture is considered not only as a system of behavioral attitudes and values, but as the context in which language operates and manifests itself. Therefore, correct interpretation and transmission of the semantic content of the source text is impossible without knowledge of its national and cultural context.

Consequently, the professional training of a translator in a classical university should be aimed not only at the formation of oral and written speech in a foreign language, but also at the formation of knowledge about the national culture of the language being studied as a necessary component of cross-cultural communication - the process of establishing and developing contacts between people, perception and understanding them each other, interaction and exchange of information.

For successful intercultural communication it is also necessary to take into account the national worldviews and cultural values of the participants in the intercultural dialogue. Thus, translation, as an act of intercultural communication, must take into account the cultural and communicative styles of participants in intercultural dialogue, correlating them with cultural patterns in the linguistic structuring of the reality of translation recipients.

Cross-cultural literacy is an integral component of communicative cross-cultural competence; it involves the development and improvement of the intellectual potential of a student translator. This is due to the fact that a modern translator is a mediator of two or more

cultures, and it is on him that the reconstruction of the form and style of the source text depends, correctly reflecting and interpreting its meaning at the intersection of two cultures.

The formation of cross-cultural competence of future translators is based on the linguo-sociocultural method, which allows focusing on the national characteristics, history, culture, and customs of the country of the language being studied. It involves an appeal to such a component as the social and cultural environment and combines linguistic structures with extralinguistic factors.

The formation of cross-cultural competence is based on three well-known levels of cognitive learning activity:

reproducing activity, which is characterized by the desire of students to understand a new phenomenon, supplement and reproduce knowledge, and master the method of applying it according to a model;

interpretive activity, characterized by greater stability of volitional efforts, which are manifested in the fact that the student strives to penetrate into the essence of a phenomenon, to understand the connections between phenomena, and independently seeks solutions to difficulties;

creative activity, showing the desire to apply knowledge in a new situation.

The components of teaching students practical skills in a higher educational institution are related to cross-cultural communication, taking into account the directions of dual education. At the same time, business communication in an international aspect is a complex process, often mediated by the value incompatibility of national business cultures, but it should take place in such a way as to make impossible any international conflict caused by the clash of different ideas about proper behavior. This is facilitated by knowledge and compliance with the requirements and rules of the culture of international communication (cross-cultural communication) [1]. It is very important to note that many of our students go abroad for internships and our compatriots go on vacation to countries where the culture is very different from ours. Tourists can unintentionally offend the bearer of culture, and this discipline would help our citizens to adapt more quickly to the country in which they come to work, and minimize risks for themselves and the entrepreneur.

Cross-cultural communication is verbal and non-verbal interaction of representatives of different moral systems, worldviews, religions, etc. Three rules must be taken into account:

1. Information transmitted on a non-verbal level presents the greatest difficulties for interpretation by members of another culture.

2. In order to achieve understanding during communication, it is necessary to teach the participants of intercultural interaction active listening.

3. It is necessary to be able to anticipate and prevent possible mistakes when communicating with representatives of different cultures, otherwise the

planned intercultural contact may fail due to a negative impression.

One should also keep in mind the problems of verbal communication, forms and ways of symbolizing communication. Cross-cultural (eng.cross - to cross, to cross. Cross-cultural communication requires competence, even with the help of the most modern methodological techniques, it is very difficult to solve problematic situations. However, most teachers and researchers believe that creating conditions in the education of students to acquire the competencies they need, will contribute to the competitiveness of graduates of higher education institutions in the labor market during their lifetime, key competencies can contribute to their participation in the development of democratic principles of society.

According to the definition of I. Saitarla [1], there is a general code of professional ethics, which is based on universal rules of business communication:

1) deep respect for another person under the specified circumstances;

2) the principle of sufficient information, which requires saying no more and no less than is necessary for the case;

3) use of true information, as the degree of trust between colleagues depends on it. (trusting relationships between employees are also manifested in their ability to provide each other with professional help and support); the principle of expediency in professional relations, which means the ability not to deviate from the topic of conversation and to find effective solutions to complex issues; clear and convincing expression of opinion for the interlocutor, the ability to listen carefully and adequately perceive the position of the interlocutor.

Conclusions as necessary components of successful work in selected innovative areas can be determined, first of all, by the main indicators resulting from the results of the successful implementation of multivariate projects:

- availability of a professional and creative solution to scientific, technical and organizational tasks;

- expansion of educational and methodical literature, taking into account the possibilities of innovative objects;

- application of technologies of integration of learning and science for students of different courses and faculties;

- finding practical skills to perform real patent developments;

- development of directions and technologies of innovative complex game design;

- selection of objects for the introduction of innovative technology among various branches of industry, etc.

The inherent market risks and uncertainty of the situation demand independence and responsibility for the decisions made from young professionals, contribute to the search for optimal organizational and scientific and technical solutions for innovative technologies and projects. Thus, it is possible to divide approaches to the interpretation of cross-cultural competence by the

method of acquisition and by the factor of occurrence (Table 1).

Table 1. Definition of cross-cultural communication components

Classification-identification by acquisition method	Classification-identification by factor of occurrence
Організаційні/Organizational	Primary: national, organizational, personal
Behavioral	Secondary: professional, religious, social, political

According to the factor of occurrence (Table 1), two types of approaches are usually defined: primary and secondary. Some researchers believe that the main ones are national, organizational and personal culture, and their symbiosis leads to the formation of secondary cultures - "cultural code". National, organizational and personal value systems in their combination largely determine the value range of secondary cultures. The formed "cultural code" consciously or unconsciously affects the individual's attitude to the social and political order in society, to religious directions, and even to professional ones. For example, personal culture determines, to a greater extent, the emergence of professional culture, and national culture has a significant impact on the formation of religious culture. Combined, organizational and personal culture influence social, and national and personal culture influence political.

The list of secondary approaches can be supplemented with other examples, forming new combinations between primary approaches and adapting to other types of cultures. It is clear that any classification of such a complex concept as culture cannot be unambiguous. The division of cultures by the factor of occurrence into primary and secondary is also conditional. However, such a classification helps to more easily and effectively determine what the problem of cross-cultural communications is and to focus on the main problem areas of competence development. In addition, a broader interpretation of cross-cultural competence provides the necessary awareness that almost every human communication is, in its own sense, cross-cultural, because it crosses the boundaries of personal culture.

Scientists distinguish three sectors of competence use: macro-, meso-, and micro-levels [4]. At the macro level, it is used in global activities aimed at improving communications in various political, organizational, administrative, public, and educational processes. At the meso-level, the use of competence is limited to small groups of people who have a need for cross-cultural facilitation or mediation. And at the micro level, competence is necessary for building personal contacts.

In order to form cross-cultural competence among the organization's employees, it is necessary, first of all to understand its components of cross-cultural competence:

1. Knowledge – information about the specifics of a certain culture. Such knowledge should be reflected not

simply in the possession of information, but in a deep understanding of what verbal and non-verbal gestures can mean for the interlocutor, what style of behavior is characteristic of him and what communication tools he can possess.

2. Motivation – the desire and need to interact with a representative of another culture. Without motivation, cross-cultural competence will not be able to take hold in the mind of a person due to the lack of a vision of the scope of its application. The basis for the emergence of motivation is the need, for example, to learn important information. Let's imagine that an employee of a company division located in another country has the necessary information. In this case, the only way out will be to contact a representative and clarify the issue. To solve the case, you will have to apply knowledge of a foreign language, as well as national culture. On the other hand, specifying the need will direct the conversation in the right direction and make the communication clear and unambiguous. Under such conditions, the probability of getting a positive experience of intercultural communication increases and the motivation for similar behavior in the future increases.

3. Skill – having experience and skills in building cross-cultural communications. It is necessary to understand that even if a person previously did not realize that he was participating in cross-cultural communications, it still happened. It can also be noted that the concept of skill in this context is related to the concept of adaptation.

4. Affection - a positive or unbiased attitude towards the bearer of another culture: the first step to building affection is to eliminate any stereotypes about other cultures and cultural differences - it is worth focusing as much as possible on the topic of conversation and asking neutral questions that do not prompt an answer. In order to build intercultural communications, it is necessary to avoid stereotypes and other errors of perception. Such a situation is an example of unsuccessful intercultural communication of representatives of organizational cultures.

As a result of studying the academic discipline, the student should know: basic technological, scientific, methodological, ecological and technical and economic terms and concepts; regularities of the processes that are common to the production of chemical products, about the integrity of the processes that ensure the desired properties of the product; scientific and theoretical foundations of modern technological processes and methods of their practical implementation; conditions for carrying out technological operations; requirements of standards for the quality of the main target products; a system of varieties of methods of chemical and technological control of production.

Thus, with the application of complex educational classes, the formation and development of students' professional competencies, which allow them to perform engineering and research work according to specific technological processes, takes place.

When forming training for specialists in the classification and identification of methods of organizing cross-cultural competence, it is necessary to ensure that none of the elements are omitted and to fill it with case-situations that are as close to reality as possible, for

example, according to the disciplines of the field of study Hotel restaurant management and business: Food chemistry, Merchandising and procurement management or Chemical engineering (tables 2 and 3: lk – lectures; pz – practical classes). [1].

Table 2. Comprehensive lesson plan of the second module of ITPA department of NTU "KhPI" (Prof. Bukhhalo S.I.)

№	type	Names of topics, types of workload and issues of analysis of each type of occupation of the complex of food production technology
1	lk	Regulatory and technical documents and requirements for the development of equipment and installation projects. Classification-identification of the components of the concept of installation and equipment for various types of chemical production.
2	lk	Hierarchy of influencing factors on the selection of equipment or installation elements and definition of performance components: technical task, technical project, production drawings, etc.
3	lk	Analysis of hierarchy systems for the selection of material implementation of the main equipment based on examples of production requirements - step-by-step analysis of processes and operations.
4	lk	Classification-identification of the selection hierarchy of the main indicators for calculating the strength of machines and devices based on examples for chemical production.
5	pz	Classification-identification of general design information and analysis of calculations for the manufacture of chemical equipment according to algorithms - types of filters for liquids.
6	pz	Classification-identification of general design information and analysis of calculations for the manufacture of chemical equipment according to algorithms - a rotary film apparatus with a cylindrical body.
7	pz	Classification-identification of general design information and analysis of calculations for the manufacture of chemical equipment - calculation algorithms for evaporation plants.
8	pz	Classification-identification of general design information and analysis of calculations for the manufacture of chemical equipment - deep combustion installations, determination of general characteristics

Table 3. Comprehensive composition of innovations in student education by topics of the discipline "Modern food technologies" (Prof. Bukhhalo S.I.)

№	type	Names of topics, types of workload and issues of analysis of each type of occupation of the complex of food production technology
1	lk	Technology of milk and varieties of dairy products; Technology of fermentation production, drinking water, wine, ethyl alcohol, sugar and soft drinks.
2	lk	Technology of fish, varieties of fish and seafood; Modern technologies of stabilization of oils against oxidative deterioration. Classification of the main laws of food technology.
3	lk	Optimization tasks of complex innovative projects and methods of mathematical modeling in the process of their implementation.
4	lk	Technology of production of fondant and lollipop confectionery products.
5	pz	Complex systems of starch production technology; A comprehensive study of the production of pastille and marshmallow varieties.
6	lpz	Systems of analysis of innovative processes of integrated production. Production technology of varieties of fruit and vegetable preserves.
7	lk	Mayonnaise production technology, Research of varieties of mayonnaise properties and determination of its characteristics.
8	lk	Basic concepts of product quality and general characteristics of technological systems. Research and analysis of the influence of dough production modes and its components on rheological properties.
9	pz	Methods of calculating canned products, calculating the yield of canned products from various raw materials.
10	pz	Technology of bakery pressed yeast. Technology of bread and bakery products. Calculation of auxiliary raw materials instead of dough. Calculation of interchangeable raw materials. Calculations of temperature and water consumption for dough kneading.

It is also appropriate to add that cross-cultural competence cannot be fully utilized without the ability to conduct business negotiations, express one's opinion clearly, and also without knowledge of the general provisions of business ethics.

Therefore, the scope of cross-cultural competence is very large and we have to agree that it has a direct impact on the daily communications and activities of each individual. It is not even just about business processes in international companies, the study of the issue of cross-culturalism is relevant for absolutely all organizations that want to develop in the conditions of constantly increasing the level of globalization processes.

Translation is a complex process in which the translator needs to recode text from one language system to another. In this case, a lot of difficulties arise regarding both form and content. Any use of a linguistic sign in speech, including translation as a special type of speech activity, is potentially or directly communicative. First of all, translation is intended for intercultural communication. In order for communication to take place, a high-quality recoded text is required, understandable to a native speaker of the target language, reflecting the main content of the source text in a striking way. People from different cultures think differently, perceive the realities around them differently

Intercultural communication occurs successfully; its connecting stage - translation - is omitted when perceiving the text. On the one hand, this makes the translator's work less noticeable in the perception of the translated text by the reader or listener; on the other hand, it places a great responsibility on the translator: not to distort the original meaning, but to convey the basic information. So, if we talk about translation as a part of intercultural communication, then to the question "understand someone else's culture or adapt someone else's culture to your own?", we think the answer should be "both." The translation must be understandable to a speaker of another culture; At the same time, you need to carefully handle the unique style, features of the source text and color. Only then can we talk about successful intercultural communication, in which translation is one of the most important components. As is known, many units of linguistic communication, during a dialogue between two different cultures, acquire a certain ethnic sound that is not manifested within the ethnic group itself, during the dialogue of several of its representatives. The translation of communicative units that seem to express general cultural principles, as in the case of the most non-equivalent vocabulary, often causes a lot of difficulties for the translator, especially in the absence of some base of background knowledge. The main difficulty in translating non-equivalent linguistic units is the identification of their specific national-cultural components, and, accordingly, their transformation into an adequate verbal form.

To accomplish the above task, the translator must, first, analyze the conceptual content of the original language unit and all its possible variants in the target language in the light of the context of a given cultural language pair (i.e., taking into account linguistic-cultural communicative characteristics).

Absolutely all communicative language units interact and intersect with the components of the general system of knowledge about the world, i.e. with background knowledge. Due to the fact that the meaning of a communicative unit conveyed by linguistic means is expressed mainly explicitly, the greatest difficulty for a professional translator is to identify the necessary background knowledge reflecting the national and cultural-historical exclusivity of a given unit.

Background knowledge is only useful in relation to the literal content of a given text. It is believed that background knowledge significantly influences the choice of the method of linguistic reflection of a certain fragment of the reality around us. Based on all of the above, it is possible to draw the following conclusion: a comparative analysis of different options for naming the same phenomenon in a foreign culture and in the culture of one's own people, as well as the conditions for using these options, helps to identify the nationally specific components of this phenomenon and select the appropriate method its adequate transmission using the target language.

Foreign language professional communicative competence is a component of personality traits, the pursuit of which significantly improves the conditions for organizing the educational and cognitive process, in which it is possible to educate and develop the necessary qualities of a future professional. Thus, sociocultural project activity helps to develop a sense of respect for other cultures and helps to understand one's cultural code. Foreign language literacy of a university student contributes to the cultivation of trusting relationships between peoples, provides an opportunity to get acquainted with the culture of other countries, and disseminate one's own. Scientists have always understood the importance of foreign languages for the cultural level of people. Nowadays, knowledge of a foreign language is recognized as a factor in the socio-economic, scientific, technical and general cultural development of our society. It helps improve our lives qualitatively in all areas. The beginning of the study of the activities of translators, despite the long history of the development of this activity, is considered to be the mid-twentieth century. The highest quality translation was considered to be the one that was as close as possible to the original and fully conveyed the content of the material. In the process of studying, it became necessary to identify the linguistic essence of translation activity, determine the degree of influence by linguistic factors, the limits of limiting the accuracy of information transfer and, in fact, the role of the translator himself in the translation process, and the field of intercultural communication. One of the most important features of the translator's profession is the individual nature of professional activity. This is both the complexity of the profession and its interestingness. In the process of translation work, numerous intellectual problems constantly arise that require instant resolution, challenge a professional, and lead to stressful situations in which there is nowhere to wait for help. A true professional, armed with the necessary information about translation, must be able to correctly determine the complexity of the problems that arise and find the only correct way to solve them.

Conclusions and ideas for further investigation

So, cross-cultural competence is a complex set of knowledge, including both the cultural context of a language, its culturally marked components, and knowledge about the cultural values, beliefs and communicative styles of participants in intercultural communication, necessary for the perception and correct interpretation of a foreign language message.

The formation of cross-cultural competence is a specially organized, purposeful educational activity that involves the formation of skills in comparing and adapting cultural values within the framework of intercultural communication.

In the process of developing cross-cultural competence, special attention must be paid to creating conditions for the cognitive activity of student translators

and nurturing in them such qualities as tolerance and readiness to perceive other cultures through the eyes of its bearer, which is an indispensable condition for

effective intercultural competence and the ability to practice in the field intercultural communication.

Список літератури

1. TESOL International Association. Standards for the Recognition of Initial TESOL Program in P-12 ESL Teacher Education.
2. British Council. Vocabulary. Level Advanced. – URL: <https://learnenglish.britishcouncil.org/vocabulary>
3. English Language Teaching; Vol. 14, No. 11; 2021 ISSN 1916-4742 E-ISSN 1916-4750 Published by Canadian Center of Science and Education
4. Fei, X., & Derakhshan, A. (2021). A conceptual review of positive teacher interpersonal communication behaviors in the instructional context. *Frontiers in psychology*, 12, 2623. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.708490>
5. Esselink B. A Practical Guide to Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2000. 488 p.
6. Esselink B. A Practical Guide to Software Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 309 p.
7. Hutchins J. у Н. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press.
8. 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.
9. 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.
10. Бухкало С.І. Синергетичні моделі утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 41 (1263), С. 17–27.
11. Bukhhalo S.I J.J. Klemeš, L.L. Tovazhnyanskyu, O.P. Arsenyeva, P.O. Kapustenko, O.Yu. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. VOL. 70*, 2018, pp. 2047–2052
12. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Загальні закономірності системи бактеріцидних 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. – Х.: НТУ «ХПІ», с. 181.
13. Калініченко Д.В., Бухкало С.І., Мірошніченко Н.М. та ін. Описовий алгоритм 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. 207.
14. 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. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХПІ», с. 233.
15. 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. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХПІ», с. 249.
16. 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.
17. 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
18. 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. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01
19. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
20. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
21. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології переробки плодовоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
22. Hutchins J. у Н. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
23. 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.
24. Martin Kay. The Proper Place of Men and Machines in Language Translation. *Machine Translation* 12: 3–23, 1997. 9. Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki.
25. 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.
26. Yunker J. Beyond Borders. *Web Globalization Strategies / John Yunker*. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.
27. Zetzsche J. *Machine Translation Revisited*. *Translation Journal*. Volume 11, No. 1, January, 2007.
28. 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.

29. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування. Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
30. Бухкало С.І., Іглін С.П., Кравченко В.О., Копейченко Є.А., Назаренко М.В. Приклади та задачі комплексного викладання дисципліни харчова хімія. Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 89–96.
31. Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
32. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.

Bibliography (transliterated)

1. TESOL International Association. Standards for the Recognition of Initial TESOL Program in P-12 ESL Teacher Education.
2. British Council. Vocabulary. Level Advanced. – URL: <https://learnenglish.britishcouncil.org/vocabulary>
3. English Language Teaching; Vol. 14, No. 11; 2021 ISSN 1916-4742 E-ISSN 1916-4750 Published by Canadian Center of Science and Education
4. Fei, X., & Derakhshan, A. (2021). A conceptual review of positive teacher interpersonal communication behaviors in the instructional context. *Frontiers in psychology*, 12, 2623. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.708490>
5. Esselink B. A Practical Guide to Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2000. 488 p.
6. Esselink B. A Practical Guide to Software Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 309 p.
7. Hutchins J. y H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press.
8. Bukhhalo S.I. Deyaki koncepciyi stalogo rozvytku ukraïny. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Xarkiv: NTU «KhPI», p. 172.
9. Bukhhalo S.I. Osnovni vlasty'vosti plivkovogo polimernogo pokry'ttya geliokolektoriv. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Xarkiv: NTU «KhPI», p. 173.
10. Bukhhalo S.I. Synergetic processes of utilization-modification for polymer part of municipal solid waste. *Bulletin of NTU KhPI, Kharkiv*, 2017, 41 (1263), 17 – 27.
11. Bukhhalo S.I J.J. Klemeš, L.L. Tovazhnyansky, O.P. Arsenyeva, P.O. Kapustenko, O.Yu. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. VOL. 70*, 2018, pp. 2047–2052.
12. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Zagal'ni zakonomirnosti sy'stemy baktery'cy'dny'x ustanovok znezarazhennya vody. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kh.: NTU «KhPI», p. 181.
13. Kalinichenko D.V., Bukhhalo S.I., Miroshny'chenko N.M. ta in. Opy'sovy'j algory'tm procesiv kry'talizaciyi czukru. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Xarkiv: NTU «KhPI», p. 207.
14. Mal'ceva A.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., ta in. Zagal'ni umovy' procesiv kry'talizaciyi czukru. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Xarkiv: NTU «KhPI», p. 233.
15. Ol'xov'ska V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algory'tmu poshuku racional'ny'x zakonomirnostej roboty' obladnannya. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Xarkiv: NTU «KhPI», p. 249.
16. Agejcheva A.O., Agejcheva O.O. Mozhly'vi pry'chy'ny' zny'zhennya fil'tracijny'x xaraktery'sty'k pry'vy'bijnoyi zony' plasta. Informacijni tehnologiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Xarkiv: NTU «KhPI», p. 150.
17. 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
18. Bukhhalo S.I., Agejcheva A. O., Agejcheva O. O., Babash L. V., Pshy'chkina N. G. Metody'chni aspekty' reformuvannya dy'stancijnogo navchannya v sy'stemi vy'shhoyi osvity'. *Visnyk NTU «KhPI»*. – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – No. 5(1359). – pp. 3–10. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01
19. Bukhhalo 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 uchbovoï literaturi»: 2018, 108 p.
20. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii' krohmalyu). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoï literaturi»: 2019, 108 p.
21. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii' pererobki plodoovochevoï sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. *Pidruchnik z grifom. K: «CNL»*: 2022, 108 p.
22. Hutchins J. y H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
23. 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.
24. Martin Kay. The Proper Place of Men and Machines in Language Translation. *Machine Translation 12*: 3–23, 1997. *Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki*.
25. 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, Ч. II./ Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kh.: NTU «KhPI», p.170.*
26. Yunker J. *Beyond Borders. Web Globalization Strategies / John Yunker. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.*
27. Zetzsche J. *Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.*

28. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'xovs'ka O.I., Ol'xovs'ka V.O. ta in. Pry'klad postanovky' zadachi eksperymentu Informacijni tehnologiiyi: nauka, texnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-prakty'chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: u 5 ch. Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 171.
29. Bukhhalo S.I. Kompleksni innovacijni sistemi викладання дисципліни сучасні технології харчування –modeli programuvannya.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77
30. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Kravchenko V.O., Kopejchenko E.A., Nazarenko M.V. Prikładi ta zadachi kompleksnogo викладання дисципліни харчова хімія. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 89–96.
31. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi викладання дисципліни основи проєктування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 13-22.
32. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoi masi na її vlastivosti ta konkurentospromozhnist' dlya riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.

Надійшла (received) 19.09.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhhalo Svitlana 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 (Агейчева Анна Александровна, 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

Шкіль Світлана Олександрівна (Шкіль Светлана Александровна, Shkil Svitlana Oleksandrivna) – завідувач бурового відділення, Полтавський фаховий коледж нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6108-7599> ageicheva@ukr.net

Болотников Сергій (Болотников Сергей Юрійович, Bolotnikov Serhii Yuriyovych) – аспірант кафедри загального мовознавства та іноземних мов, Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка»

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4016-4291> ageicheva@ukr.net

С. І. БУХКАЛО, А. О. АГЕЙЧЕВА, С. О. ШКІЛЬ, С. Ю. БОЛОТНИКОВ

РОЛЬ ПЕРЕКЛАДУ В МІЖКУЛЬТУРНІЙ КОМУНІКАЦІЇ

У статті досліджуються процеси перекладу як окремого виду комунікації, а також розглядаються види мовної компетенції в процесі комунікації, які пов'язані з передачею інформації у різновидах наукових досліджень. Виявлено перешкоди, що виникають під час перекладу, і розкрито процес перекладу як результат і акт спілкування. Визначено практичні методи перекладу. Це дозволяє максимально покращити переклад і мінімізувати всі труднощі, що виникають у процесі перекладу. Використання різноманітних методів і прийомів активного навчання викликає в учнів інтерес до самої навчально-пізнавальної діяльності, що дає змогу створити атмосферу вмотивованого, творчого навчання й водночас вирішити цілий комплекс освітніх, виховних, розвиваючих завдань. Доречно також додати, що кроскультурна компетентність не може бути повноцінно використана без уміння вести ділові переговори, чітко висловлювати свою думку, а також без знання загальних положень ділової етики.

Ключові слова: інформація, комунікація, переклад, культура, трансформація, компонентний аналіз, мовна компетенція, іноземна мова, комунікація.

С. І. БУХКАЛО

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОВАРОЗНАВЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК В РЕСТОРАННОМУ БІЗНЕСІ

У матеріалах статті розглянуті особливості дослідження та визначення товарознавчих характеристик за освітньою програмою Готельно-ресторанне господарство з метою розробки комплексних дисциплін Харчова хімія, Сучасні технології харчування, Товарознавство та управління закупівлями, Інноваційні ресторани технології, для складових комплексних інноваційних проектів. При написанні статті використано аналіз досвіду викладання вищезначених дисциплін в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів у 2002–2023 рр. Комплексні системи визначення складових дисципліни зумовили компетентності та якість матеріалу, а питання, що розглядаються пропущені через призму власного творчого сприйняття, що робить матеріал особливо цінним. Розробки проведені з застосуванням сучасних високоефективних науково-обґрунтованих технологій виробництва карамелі, наприклад, від різновидів аналізу класифікації-ідентифікації, загальних понять та вимог до різновидів методології визначення показників рівня якості та їх оцінки через вибір алгоритмів аналізу та розрахунків на різних стадіях виробництва та застосування отриманих товарів.

Ключові слова: харчова хімія, сучасні технології харчування, товарознавство та управління закупівлями, інноваційні ресторани технології, кондитерська галузь, визначення товарознавчих характеристик.

Вступ.

Кондитерськими виробами називаються харчові вироби, більша частина яких складається із цукру, найчастіше видозміненого, або іншої солодкої речовини (мед, ксиліт, сорбіт), патоки й різних добавок, що поліпшують смакові якості, структуру виробів, біологічну цінність. До кондитерських відносять також борошняні вироби з великим вмістом цукру. Кондитерські вироби – товар дрібноштучний і швидкоореалізуємий. Він, як правило, має тривалі строки зберігання й гарну транспортабельність. Кондитерські вироби мають привабливий зовнішній вигляд, приємний смак і аромат. Це висококалорійні й легко засвоювані вироби, вони користуються великим попитом у різних груп населення – споживають і діти й дорослі.

Споживання кондитерських виробів в Україні перевищує фізіологічні норми, і воно більше, ніж у розвинених країнах. Кондитерські вироби бідні на біологічно активні речовини, у них практично немає вітамінів, ферментів, харчових волокон (руйнуються при термічній обробці). Енергетична цінність кондитерських виробів у розрахунку на 100 г продукту має значення, кДж: від 1200 для мармеладу до 2300 для шоколаду.

Основною сировиною для виробництва кондитерських виробів є: цукор, борошно, жири, яйця, патока, горіхи. На їхню частку доводиться 90 % від усієї сировини. До іншої сировини відносяться: олійні насіння, фрукти, ягоди, есенції, емульгатори, піноутворювачі, харчові кислоти, ароматизатори, згущувачі. Ця сировина поліпшує смакові якості й структуру виробів. Використовується також сировина для збільшення біологічної цінності – це вітаміни, ферменти, висівки, цукрозамінники, харчові волокна, білкові збагачувачі та ін.

Асортимент кондитерських виробів широкий. Однак, окремі групи кондитерських виробів виділяються індивідуальними особливостями й мають загальні ознаки, які дозволяють об'єднати їх в

окремі групи при класифікації-ідентифікації: цукрові та борошняні (табл. 1 та 2).

Таблиця 1. Класифікація по сировині

	Цукрові	Борошняні	
карамель	льодяникова	печиво	цукрове
	с начинкою		здобне
цукерки	шоколадні	галети	прості поліпшені
	глазуровані шоколадною глазуру	тістечка	бісквітні
	неглазуровані		заварні
драже	різні види	крекер	різні види
ірис	різні види	пряники	різні види
пастильні вироби	різні види	рулети	різні види
шоколад	різні види	кекси	різні види
східні насолоди	різні види	торти	комбіновані слойні

Основні ознаки продукції, та класифікація товарознавчих характеристик кондитерських виробів, представлені у послідовності органолептичних та технологічних сучасних складових.

1. Сировина, яку використовують: для борошняних – печиво, пряники, торти, тістечка, кекси, рулети, вафлі; для цукрових – карамель, цукерки, шоколад, мармелад, пастила, зефір, халва, ірис, драже, східні насолоди.

2. Розширення компонентів цільового призначення: дієтичні, лікувальні, лікувально-профілактичні, дитячі, національні вироби.

3. Форма виробів: круглі, овальні, квадратні, прямокутні, фігурні.

4. Оптимізація розмірів та форми виробів: дрібноштучних й вагових.

5. Способи розширення можливостей формування виробів на сучасному обладнанні.

© Бухкало С.І., 2023

6. Особливості технології: торти, тістечкові, безопарні, опарні або прискорений спосіб виробництва дріжджового тіста.

7. Розширення різновидів збагачувальних добавок, наприклад, вітамінні й білкові.

1. Аналіз кондитерських виробів, які випускаються високо механізованими й автоматизованими підприємствами кондитерської галузі, у спеціалізованих цехах підприємств масового харчування, а також у спеціалізованих цехах малих підприємств ресторанного бізнесу. До особливостей товарознавчих характеристик кондитерських виробів відносять: безвідходність; збереження нативних властивостей деяких нутриєнтів; зниження концентрації небажаних (шкідливих) речовин; формування необхідних показників якості продукції.

Формування необхідних показників включає нешкідливість; високі смакові якості, харчова цінність та товарні властивості. Технології борошняних і цукрових виробів істотно відрізняються, але в загальному вигляді можливо представити її як ряд послідовних стадій (рис. 1).

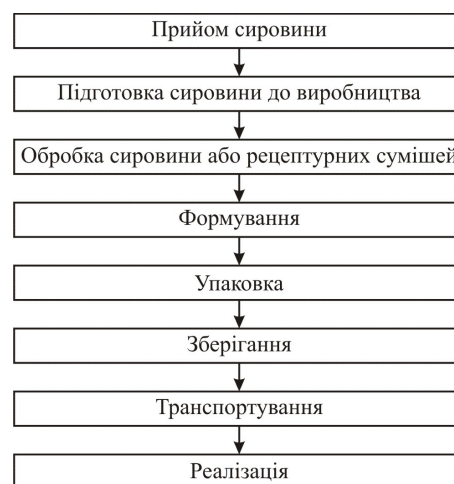


Рис. 1. Функціональна схема виробництва

В технології цукрових виробів переважає виготовлення цукрових сиропів та уварювання рецептурних сумішей, для борошняних виробів – готування тіста і його випічка.

Таблиця 2. Класифікація-ідентифікація деяких складових аналізу дослідження характеристик представлених дисциплін ресторанного бізнесу (Бухкало С.І.)

№	Приклади ієрархії складових товарознавчих характеристик
1	Сучасна класифікація-ідентифікація й загальна характеристика аналізу об'єктів готельно-ресторанного господарства та бізнесу за товарознавчими показниками: аналіз існуючого ринку готельно-ресторанних послуг; дослідження можливого контингенту потенційних споживачів; методи визначення корисності і споживної цінності товарів, закономірностей формування асортименту та вимог до якості, забезпечення ефективного їх виробництва, обігу та споживання. Об'єкт, предмет, методи та основні категорії дослідження товарознавчих характеристик.
2	Класифікація-ідентифікація та загальна товарознавча характеристика сировини та продукції: хімічний склад харчових продуктів. характеристика основних макро- та мікронутрієнтів харчових продуктів, їх роль у формуванні якості, харчової цінності та технологічних властивостей продуктів. за загальними характеристиками та особливостями товарознавства, а також сутності закупівельної діяльності підприємства готельно-ресторанного господарства.
3	Аналіз класифікації-ідентифікації та загальних товарознавчих характеристик з визначення асортименту за технологічними процесами управління асортиментом товарів із погляду балансу інтересів всіх учасників товарного руху в межах ієрархії обраних товарних категорій ресторанного бізнесу.
4	Класифікація-ідентифікація формування споживних властивостей асортименту продукції у процесах та рестораних технологіях різновидів готельно-ресторанного виробництва – визначення, аналіз, характеристика, класифікації-ідентифікації теорії і концепції сучасних технологій харчування ресторанного бізнесу. Аналіз дослідження, класифікація асортименту товарів за товарознавчими характеристиками, принципи формування асортименту і структури харчових продуктів та непродовольчих товарів
5	Класифікація-ідентифікація факторів впливу на формування якості продукції у процесах та технологіях виробництва – основи раціонального споживання продовольчих товарів; хімічний склад продовольчих товарів та особливості транспортування й зберігання. Основні фактори, що впливають на якість товарів, контроль якості, сорт товарів та система встановлення сорту продукції.
6	Класифікація-ідентифікація та загальна товарознавча характеристика з дослідження впливу різновидів тари та упакування на якість, визначення можливостей утилізації різновидів полімерної тари та пакування відповідно до термінів експлуатації. Система нормативної документації на харчові продукти та непродовольчі товари. Система регламентування та контролю безпечності харчових продуктів та непродовольчих товарів. Стандартизація і сертифікація продукції. Поняття про класифікацію та асортимент товарів – аналіз особливостей та характеристик. Принципи формування асортименту і структури харчових продуктів та непродовольчих товарів ресторанного бізнесу.
7	Класифікація-ідентифікація та загальна товарознавча характеристика з аналізу дослідження – визначення необхідності підвищення ефективності торговельного підприємництва та рентабельності всіх учасників процесу за різновидами товаропросування. Штрихове кодування і товарна класифікація експортно-імпортних товарів за товарознавчими характеристиками. Маркування товарів: методи, види, засоби. Товарні знаки (бренди). – аналіз, класифікація-ідентифікація за нормативно-технічною документацією та можливості оптимального розвитку. Зберігання товарів як функція та форми підвищення ефективності розвитку готельно-ресторанного господарства та бізнесу.

2. Визначення та аналіз особливостей харчової хімії у сучасних технологіях харчування. У виробництві карамельної маси як сировину використовують кристалічний цукор-пісок (дисахарозу). Патока – тягуча, щільна рідина – являє собою продукт неповного гідролізу крохмалю. Вона має високу в'язкість, що обумовлюється наявністю в її складі декстринів. Патока виконує роль антикристалізатора, без неї практично неможливо одержати цукор в аморфному стані, яким він є в карамельній масі.

Замість патоки використовують інверсний цукор у вигляді сиропу. При цьому заміна патоки інверсним цукром проводиться повністю або частково. Органічні кислоти зі слабкою інверсійною здатністю використовують для підкислення карамельної маси. Ці кислоти повинні бути стійкими, нелеткими, а також добре розчинятися у воді. Цим вимогам відповідає лимонна кислота, у меншій мірі виннокам'яна, яблучна. Кислоти взаємозамінні в наступних співвідношеннях по масі: лимонна : виннокам'яна : яблучна = 1 : 1 : 1,2.

За думкою дослідників, краще використовувати кислоти з температурою зневоднюванням сахарів при високих температурах. Процеси супроводжуються плавленням при температурі 70 – 80 °С, що призводить до рівномірного підкислення маси. Цим вимогам, наприклад, відповідає кислота лимонна кристалічна. У якості ароматизаторів використовуються рідкі есенції. Це спиртові розчини натуральних ефірних масел (лимонного, м'ятного, апельсинового). Їх вводять при температурі не вище 90°C і концентрації есенції 10–20%. Такі есенції називають однократними. Виробляють двох-, чотириразові есенції, відповідно зменшується їхня рецептурна закладка. Барвники, дозволені органами охорони здоров'я, їх застосовують для додання виробам товарного виду. Використовують два види барвників – натуральні і штучні, що отримують у результаті синтезу. Натуральні барвники одержують екстракцією із природної сировини, в основному, рослинного походження. Наприклад, з моркви, буряка, винограду, чорної смородини, жимолості. Однак ці барвники не стійкі, міняють фарбування залежно від рН середовища. У кислому середовищі, наприклад, барвник має червоні кольори, а в лужному середовищі – синій. Зі штучних барвників, у цей час, дозволений тартразин (жовтий).

Одержання карамельної маси пов'язане з руйнуванням кристалічних решіток сахарози. У зв'язку з тим, що одержання карамелі засновано на розплаві сахарози, то для руйнування кристалічних решіток сахарози необхідні високі температури. Якщо при виробництві карамелі використовують водні розчини сахарози, то необхідне швидке видалення води. Промислова технологія базується на другому принципі (рис. 1). Це пов'язане з тим, що в першому варіанті утвориться дуже багато продуктів реверсії сахарози, тобто йде інтенсивна реакція карамелізації.

Реакція карамелізації – це сума складних процесів, зв'язаних зі зневоднюванням сахарів при високих температурах. Процеси супроводжуються утворенням газоподібних продуктів, які при нагріванні надають специфічний запах продуктам, що містять цукор, а також утворюються полімерні комплекси складного складу. Маса здобуває жовтих тонів, збільшується гігроскопічність карамельної маси, продукти реакції карамелізації здобувають канцерогенні властивості. Не слід плутати терміни карамелеутворення й реакція карамелізації. На відміну від останньої карамелеутворення – фізичний процес. Моносахариди по хімічній природі є або оксіальдегідами або оксікетонами, у яких карбонільна група розташована поруч із гідроксилом.

На підготовчий стадії: цукор-пісок просівають; патоку гріють для зменшення в'язкості; кислоти розчиняють для дозування; есенції розбавляють або спиртом, або водою; барвники розчиняють.



Рис. 1. Функціональна схема виробництва карамелі

Цукровий сироп одержують шляхом розчинення цукру у воді з додаванням патоки. У рецептурах, як правило, це співвідношення 100:50. в окремих випадках замість патоки в якості антикристалізатора беруть інвертний цукор, або вносять його, або забезпечують протікання інверсії сахарози на цій стадії, для чого вводять кислоту. Однак патока забезпечує кращу якість карамелі. Цукровий сироп (75 – 80 %), який використовують, надходить у вакуум-апарати, де відбувається одержання карамельної маси шляхом уварювання до залишкової вологості 1 – 3 %. Вакуум необхідно застосовувати, щоб уникнути реакції карамелізації.

У сучасних лініях для зменшення тривалості процесу уварювання карамельної маси використовують плівкові апарати, у яких процес видалення вологи ведуть у плині 6 – 8 секунд. Для

таких апаратів характерна висока інтенсивність теплообміну у тонкому шарі стічної рідини.

При уварюванні цукрово-паточного сиропу температура карамельної маси, що має 98 % сухих речовин, на виході з вакуум-камери становить 124 – 126 °С.

Для одержання льодяникової карамелі масу уварюють до більш високого вмісту сухих речовин 98,5 – 99 %. У цьому випадку готова карамель, за інших рівних умов довше зберігає свої аморфні властивості. У зв'язку з тим, що при цьому різко зростає в'язкість карамельної маси, обробка останньої при виготовленні карамелі з начинками ускладнюється. Тому для одержання карамелі з начинкою вміст сухих речовин у карамельній масі трохи нижче 96,5 – 98 %.

У загальному виді схему хімічних змін сахарози можна представити в наступній послідовності (рис. 2). Основну частину продуктів зміни цукрів становлять ангідриди цукрів, продукти конденсації й незначну частину – продукти глибокої зміни цукрів.

Дотепер однозначних представлень про хімічну будову карамелі немає. Деякі автори вважають, що при високому вмісті кисню в середовищі може бути отримана оксікармелі, однак, це твердження не загальноприйняте.

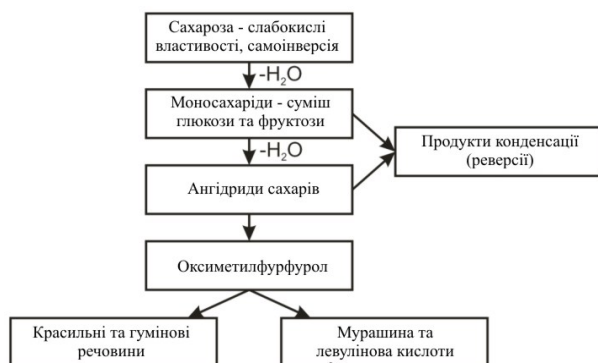


Рис. 2. Механізм хімічних змін сахарози в процесі одержання карамелі

Рідка карамельна маса після варильного апарату проохолоджується до температури 85–90 °С. При необхідності на цьому етапі вводять до неї барвник, кислоту й есенцію в процесі охолодження, що може здійснюватися як у потоці, так і періодично.

На охолоджувальних столах з мармуровим покриттям відбуваються зміни реологічних властивостей маси: з рідкого, текучого стану вона переходить у в'язкопластичне.

Сахара, що входять до складу карамельної маси, прагнуть прийняти властивий їм кристалічний стан. Однак швидкість кристалізації сахарози швидко падає зі збільшенням швидкості охолодження й зі зниженням температури. Загальна тривалість цих операцій 1 – 2 хв.

У в'язкопластичному стані масу піддають обробці – проминці або витягуванню. Проминка

застосовується при виробництві прозорих сортів карамелі; витягування – для непрозорої карамелі із блискучою шовковистою поверхнею. Проминка й витягування забезпечують рівномірний розподіл рецептурних компонентів у масі й видалення пухирців повітря з неї.

Операцію проминки проводять на проминальних машинах (як при замісі тіста). Операцію витягування здійснюють на тянульних машинах, які послідовно кілька разів проводять витягування і складання. При цьому температура знижується на 3 – 5 °С, тривалість обох операцій 1,5 – 2 хв. Після того, як карамельна маса готова, її направляють на виготовлення готового виробу. Цей процес складається з ряду стадій: формування виробів, закріплення отриманої конфігурації й упакування.

Формування – це розподіл пластичної або рідкої маси на порції певного об'єму й надання кожній порції бажаної зовнішньої сили. Одержання з карамельної маси виробів засновано на незворотних пластичних деформаціях. Виріб внаслідок високої гігроскопічності карамельної маси необхідно формувати відразу ж після її готування. При цьому потрібно підтримувати певну відносну вологість як повітря в приміщенні, так і охолоджуючого повітря.

Льодяникову карамель формують шляхом пропущення смуги маси між двома валками, на поверхні яких є осередки. Конфігурація осередків відповідає половині форми виробу. Вироби мають вигляд дрібних фігурок («груша», «рибка» і інші); кількість виробів в 1 кг 500 шт. (рис. 3).

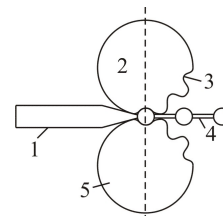


Рис. 3. Одержання льодяникової карамелі

Стрічка 1 карамельної маси має товщину більше ніж зазор між валками 2 і 5. На поверхні кожного валка є різноманітні чарунки 3. При обертанні валків чарунки одного валка сходяться з чарунками іншого. Маса вдавлюється в чарунки й здобуває конфігурацію виробу. Після валків виходить стрічка виробів з дуже тонкими перемичками 4. Для фіксування форми виробів стрічка проохолоджується до температури нижче температури затвердіння карамельної маси. Звичайно карамель швидко проохолоджується повітрям до температури 35 – 40 °С.

Складні карамельні вироби складаються більш ніж на 50% з карамельної маси. Усередині карамельної оболонки перебуває кондитерська маса, яку називають начинкою. Карамель із рідкими

фруктово-ягідними начинками одержують на механізованих поточних лініях (рис. 4).

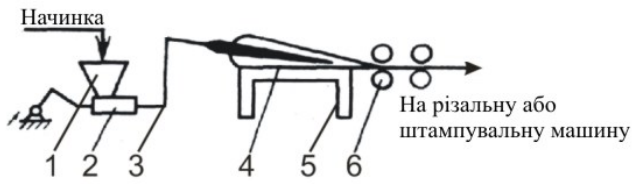


Рис. 4. Одержання карамелі з начинкою

Підготовлена фруктова начинка із долею сухих речовин 80 % при температурі на 10 °С менше температури карамельної маси надходить у воронку 1 начинконаповнювача 2. Карамельна маса у вигляді вузької стрічки, охолоджена до температури пластичного стану (70–80 °С) подається транспортером на веретена 5 під трубку 3.

На обертючих веретенах карамельна маса здобуває форму усіченого корпусу 4, усередині якого перебуває трубка 3. Із трубки в карамельну масу начинконаповнювачем видавлюється начинка. Вузкий кінець усіченого конуса з начинкою усередині витягається й одночасно калібрується декількома парами роликів 6 у джгут певного перетину. Джгут надходить у різальну або штампувальну машину, що розріже джгут на окремі вироби й надасть їм певної форми.

Карамель, з'єднана тонкими й пластичними перемичками в ланцюжок попадає на транспортер, на якому форма карамелі закріплюється шляхом охолодження повітрям. Під час сходу карамелі зі стрічки на лоток перемички лопаються без деформації виробу. Час охолодження відформованої

карамелі з температури 65 – 70 °С до температури 35 – 40 °С становить 4 – 5 хв, витрата повітря 4000 – 9000 м³/год.

3. Механізовану поточну лінію виробництва загорнутої карамелі з непрозорою оболонкою можна поділити, як мінімум, на дві частини: виготовлення карамельної маси (рис. 5); виготовлення начинки (рис. 6). Для уварювання карамельного сиропу до карамельної маси застосовують вакуум-апарати безперервної дії з виносною вакуум-камерою та автоматичним вивантаженням. До лінії підготовки карамельної маси входить: витратний бак сиропу; плунжерний насос для безперервного регулювання витрат карамельного сиропу на уварюванні; змішувач вакуум-апарату із вакуум-камерою та поршневого мокроповітряного насоса із конденсатором змішування. При виготовленні начинки пульпу насосом 2 з резервуару 1 подають до десульфідатора 3 з метою розмішування та пропарювання, а також видалення оксиду сірки, далі пульпу направляють до здрібнювача 4 і за допомогою насосу у протиральну машину 5. Збірник-накопичувач 6 має лопатевий вал для попередження розшарування пюре. Слід відмітити ще деякі технологічні особливості: начинконаповнювач – це поршневий насос, всмоктувальний патрубок якого з'єднаний із воронкою, а нагнітальний – гнучким шлангом із трубкою, яка проходить по осі карамелеобкочувальної машини.

Упакування кондитерських виробів проводиться з метою збереження їхньої якості й зовнішнього вигляду, поліпшення санітарно-гігієнічних умов їхнього продажу й транспортування, одержання необхідної інформації про вид продукту, його сорту, маси, способу вживання й т.п.

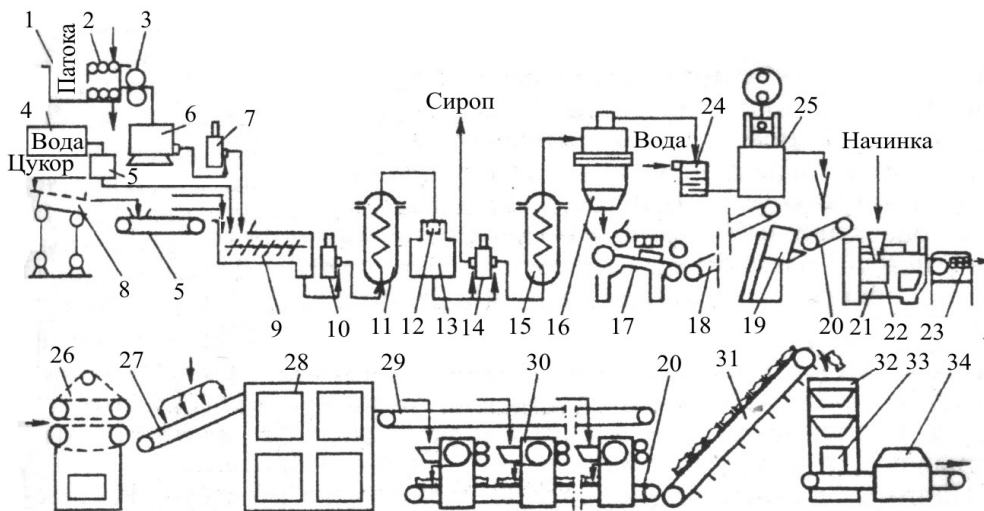


Рис. 5. Технологічна лінія виготовлення карамельної маси: 1 – металеві резервуари з підігрівом; 2 – змішувач; 3 – насос; 4 – сміть; 5 – дозатор; 6 – резервуар; 7 – плунжерний насос-дозатор; 8 – просіювач; 9 – змішувач; 10 – плунжерний насос; 11 – варильна змішувачова колона; 12 – фільтр; 13 – збірник; 14 – насос-дозатор; 15 – варильна змішувачова колона вакуум-апарату; 16 – вакуум-камера; 17 – загрузочна камера охолоджуючої машини; 18 – конвеєр; 19 – витягувальна машина; 20 – стрічковий транспортер; 21 – карамелеобкочувальна машина; 22 – начинконаповнювач; 23 – джгутовитягувальна машина; 24 – конденсатор; 25 – мокроповітрявальний насос; 26 – карамелеформувальна машина; 27 – охолоджуючий транспортер; 28 – охолоджуюча шафа; 29 – розподільний конвеєр; 30 – карамелеобгорткові автомати; 31 – проміжний транспортер; 32 – ваги; 33 – шухляди; 34 – обклеювальна машина

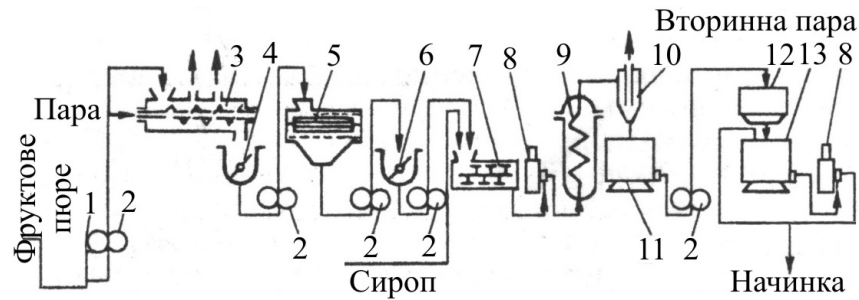


Рис.6. Технологічна лінія виготовлення начинки: 1 – резервуар; 2 – насос; 3 – десульфатор; 4 – здрібнювач; 5 – протиральна машина; 6 – збірник-накопичувач; 7 – змішувач; 8 – насос-дозатор; 9 – варильний змійовиковий апарат; 10 – паровідокремлювач колонки; 11 – збірник; 12 – проміжний збірник; 13 – видатковий збірник

Карамель може бути розфасована в круглі бляшані баночки по 120 – 140 штук, може бути розфасована в картонні коробки, тесові або фанерні ящики по 10 – 20 кг. Усередині ящики вистилають спеціальним папером.

Висновки та перспективи подальшого розвитку ісрархії комплексних складових інноваційного навчання за дисципліною.

Проведено та проаналізовано товарознавчі характеристики виробництва різновидів карамелі: технологічні розрахунки, хімізм процесів карамелеутворення, аналіз технологічної та функціональної схеми виробництва, особливостей технології харчування та вимог до готової продукції та ін. Проведені відповідні дослідження з визначення фізико-хімічних та органолептичних властивостей, а також їх впливу на якість продукції. Запропоновані інновації щодо поліпшення властивостей різновидів партій сировини та відповідної сучасної продукції, відповідного обладнання, розширення асортименту, підвищення безпекових характеристик, ресурсо- та енергозбереження, проаналізовані різновиди асортименту продукції за різновидами галузей харчування, а також варіанти виробництва лікувально-профілактичного асортименту.

Для успішного розв'язку поставлених завдань необхідно навчально-методичне забезпечення всіх запланованих контрольних заходів – РГЗ, контрольні роботи, реферати, питання до аналізу самостійних робіт, співпраця зі студентами інших інститутів та ВНЗ при виконанні основних цілей комплексного проекту та ін.

Тематика індивідуальних завдань і вимоги до їхнього змісту й оформлення пов'язані з матеріалами поточного контролю за окремими темами лекційного матеріалу дисципліни: вивчення сутності основних хімічних процесів виробництва, сучасних технологій харчування, категорій товарознавства. Наприклад, набуття знань і вмінь щодо аналізу асортименту товарів; набуття знань і вмінь щодо контролю та оцінки якості і конкурентоспроможності товарів, кодування та маркування; вивчення властивостей найбільш важливих речовин та ін.

Студентам надані можливості доступу до різновидів лекційних та навчально-методичних

матеріалів з організації самостійної роботи [1–5].

Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти ігрового проектування або завдання до рефератів, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання.

Представлені можливості комплексного інноваційного навчання студентів можуть бути застосовані для різновидів галузей сучасної харчової технології з урахуванням розвитку діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» (представництво на кафедрі ІТПА НТУ «ХП») – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів харчової та хімічної інженерії [19–30].

Список літератури

1. Орлова Є.І., Лещенко В.О., Бухкало С.І. Приклади та задачі до курсу «Загальна технологія харчових виробництв» (н.-м. пос.), Х: НТУ «ХП», 2001. 140 с.
2. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с.
3. Бухкало С.І., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л., КАПУСТЕНКО П.А., ХАВИН Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2005. 460 с.
4. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О., ОРЛОВА Є.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2005. 496 с.
5. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О., ОРЛОВА Є.І. Харчові технології у прикладах і задачах [текст] підручник К.: ЦНЛ, 2008. 600 с.
6. Бухкало С.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А. Технологічне обладнання харчової галузі (н.пос.). Х.: УПА-2009, 185
7. Бухкало С.І., Лазарев М.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А., Рубан Н.П., Новосельцев О.О. Процеси та апарати харчових виробництв (навч. пос.). Х.: УПА-2009, 153 с.
8. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., ЗИПУННИКОВ М.М., ОЛЬХОВСЬКА О.І. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К.: ЦНЛ, 2013. 352 с.
9. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.

11. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
12. 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.
13. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
14. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
15. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К.: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
16. Бухкало С.І., Ігліч 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 «ХП». 208 с.
17. 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 «ХП». С. 217.
18. 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 Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХП», с. 249.
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.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>.
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.uran.ua/ejet/article/view/186442>.
21. 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](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.35995).
22. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.:, 2014. № 16. С. 3–11.
23. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi:[10.20998/22204784.2019.21.13](https://doi.org/10.20998/22204784.2019.21.13)
24. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.
25. Бухкало С.І. Комплексних інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
26. Бухкало С.І., Ігліч С.П., Кравченко В.О., Копейченко Є.А., Назаренко М.В. Приклади та задачі комплексного викладання дисципліни харчова хімія. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 89–96.
27. Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціації EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
28. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
29. Бухкало С.І., Н. В. Якименко-Терещенко. Приклади комплексного викладання дисциплін – інноваційні ресторани технології, товарознавство та управління закупівлями. Вісник НТУ «ХП». 2023. № 1 (1365), с. 12–23.

References (transliterated)

1. Orlova Є.І., Leshchenko V.O., Bukhkalov S.I. Prikladi ta zadachi do kursu «Zagal'na tehnologija harchovih virobniactv» (navch.-met. posibnik), Kharkiv: NTU «KhPI», 2001. 140 p.
2. Bukhkalov S.I. Tehnologija osnovnih harchovih virobniactv u prikladah i zadachah (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. 184 p
3. Bukhkalov S.I., Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P.A., Havin G.L. Osnovnye tehnologii pishhevih proizvodstv i jenergosberezenie (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 460 p.
4. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Kapustenko P.O., Orlova Є.І. Zagal'na tehnologija harchovih virobniactv u prikladah i zadachah [tekst] pidr. K.: CNL, 2005. 496 p
5. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Kapustenko P.O., Orlova Є.І. Harchovi tehnologii u prikladah i zadachah [tekst] pidruchnik K.: CNL, 2008. 600 p.
6. Bukhkalov S.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A. Tehnologichne obladnannja harchovoї galuzi (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 185 p.
7. Bukhkalov S.I., Lazarev M.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A., Ruban N.P, Novosel'cev O.O. Procesi ta aparati harchovih virobniactv (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 153 p.
8. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Zipunnikov M.M., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2013. 352 p.
9. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Kapustenko P.O. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah, pidr. K. CNL, 2011. 832 p.
10. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2014. 412 p.
11. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
12. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnjanskij L.L., Denisova A.Є., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiiv «Centr uchbovoї literaturii»: 2016, 468 p.

13. Bukhhalo 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 uchbovoï literaturi»: 2018, 108 p.
14. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologiiï krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoï literaturi»: 2019, 108 p.
15. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologiiï pererobki plodoovochevoï sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. Pidruchnik z grifom. K: «CNL»: 2022, 108 p.
16. Bukhhalo 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 HXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II. / za red. prof. Sokola C.I. H.:NTU «KhPI». 208 p.
17. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noi tehnologiiï kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologiiï, 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 C.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». 217 p.
18. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonimirnostej roboti obladannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja Ch. II./za red. prof. Sokola C.I. – Kh: NTU «KhPI», p. 249.
19. 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>.
20. 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>.
21. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, 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.
22. Bukhhalo S.I. Udoskonaljvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishhiv navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.:, 2014. № 16. S. 3–11.
23. Bukhhalo S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologiiï modifikovanih krohmaliv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13
24. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miku. Visnik NTU «KhPI». 2015. № 7 (1116), pp. 103–108.
25. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemni vikladannja disciplini suchasni tehnologiiï harchuvannja – modeli programuvannja.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
26. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Kravchenko V.O., Kopejchenko C.A, Nazarenko M.V. Prikladi ta zadachi kompleksnogo vikladannja disciplini harchova himija. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 89–96.
27. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemni vikladannja disciplini osnovi proektuvannja obladannja himichnih virobniectv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 13-22.
28. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoi masi na ii vlastivosti ta konkurentospromozhnist' dlja riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.
29. Bukhhalo S.I., N.V. Jakimenko-Tereshhenko. Prikladi kompleksnogo vikladannja disciplin – innovacijni restoranni tehnologiiï, tovaroznavstvo ta upravlinnja zakupivljami. Visnik NTU «KhPI». 2023. № 1(1365), pp. 12–23.

Надійшла (received) 19.09.2023

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

S. I. BUKHALO

ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE STUDY OF MARKET CHARACTERISTICS IN THE RESTAURANT BUSINESS

The materials of the article consider examples the possibilities for determining the educational goals of university students for the purpose of developing the discipline Innovative restaurant technologies, Commodity science and procurement management for the development of complex projects. When writing the article, the experience of teaching the disciplines General Food Production Technologies, Food Chemistry and Modern Food Technologies at the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" at the Department of Integrated Technologies, Processes and Devices in 2002–2023 was used. Complex systems for determining the components of the discipline determined competence and quality material, and the issues under consideration are overlooked through the prism of one's own creative perception, which makes the material especially valuable. Developments are carried out using modern highly effective science-based technologies of food production – caramel production technologies, for example, from types of classification-identification analysis, general concepts and requirements to types of methodology for determining quality indicators of the quality level and their evaluation through the selection of calculation algorithms at various stages of production and use of the obtained goods.

Keywords: food chemistry, modern food technologies, commodity science and procurement management, innovative restaurant technologies, science-based methods of teaching students, definition of example models.

СТАЛИЙ ТА РЕГІОНАЛЬНИЙ РОЗВИТОК В АТ «УКРГАЗВИДОБУВАННІ»: СИСТЕМА КОРПОРАТИВНОЇ СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ

АТ «Укргазвидобування» (Товариство та/або Компанія) – вертикально інтегрована компанія з замкнутим циклом виробництва – від пошуку та розвідки родовищ нафти і газу, їхньої розробки, а також видобутку, транспортування, переробки вуглеводневої сировини і реалізації нафтопродуктів.

Це найбільша газовидобувна компанія в Центральній і Східній Європі, яка видобуває понад 70% природного газу в Україні.

Компанія поділяє принципи Глобального договору ООН та обирає шлях сталого розвитку бізнесу, персоналу і суспільства. Товариство налічує близько 19 000 співробітників і працює на території 11 областей України, 31 району, понад 100 територіальних громад, більше 300 громад.

Укргазвидобування є членом Мережі Глобального договору ООН та поділяє визначені ним Цілі сталого розвитку.

28 січня 2020 року Товариство як частина компаній Групи Нафтогаз приєдналося до глобальної мережі **UN Global Compact** і обрала для себе 6 Цілей сталого розвитку, які є пріоритетними у сфері реалізації проектів регіонального розвитку.

Пріоритетні Цілі сталого розвитку:

- 3 Ціль – Міцне здоров'я;
- 4 Ціль – Якісна освіта;
- 6 Ціль – Чиста вода та належні санітарні умови;
- 7 Ціль – Доступна та чиста енергія;
- 11 Ціль – Сталий розвиток міст та спільнот;
- 17 Ціль – Партнерство заради стійкого розвитку.



З 06 квітня 2020 року у компанії діє **Стандарт корпоративної соціальної відповідальності у співпраці з громадами, благодійними та громадськими організаціями**, відповідно до якої АТ «Укргазвидобування» визначає єдині принципи та підходи Товариства у реалізації проектів у сфері КСВ, сприяє упорядкуванню й систематизації цієї діяльності.

СОЦІАЛЬНІ ПРОЕКТИ

Національні

Проект «Безпека в дії»

Підтримка безпечного поведіння дітей в темний час доби

Охоплення: 8 000 дітей-учасників, 152 школи, 35 громад,

6 областей.



Проект «Озеленення України» з метою відновлення екосистеми та сталого розвитку громад виробничої діяльності у Харківській області АТ «Укргазвидобування» вже 2 роки долучається до глобальної акції **Greening of the Planet**.

Охоплення: 3 000 дерев та кущів, 30 парків, 5 областей.

Локальні

Соціально-інфраструктурні проекти в громадах інвестиційної діяльності, спрямовані на підтримку освіти, медицини, культури, спорту та сталого розвитку громад

Охоплення: 409 проектів, 8 областей, 108,6 млн грн



Грантові Конкурси «Енергія розвитку»

спрямований на підтримку соціальних ініціатив у громадах.

Охоплення: 67 проектів-переможців, 6,7 млн грн, 6 областей



ДОПОМОГА ЗАХИСНИКАМ І ГРОМАДАМ 2022-2023 рр

1,1 млрд грн - ЗАГАЛЬНА СУМА НАДАНОЇ ДОПОМОГИ ЗАХИСНИКАМ

- Виготовлено буржуйки для громад та військових частин.
- Забезпечено фортифікаційними спорудами прифронтові громади.
- Надано транспортні послуги для обладнання оборонних рубежів та проведення земляних робіт.
- Передано автошини для забезпечення оборони.
- Надано засоби для закриття вікон в помешканнях після вибухів.

ВИЗНАННЯ УКРГАЗВИДОБУВАННЯ у сфері сталого розвитку та корпоративної соціальної відповідальності

Нагорода в рамках EVA Suitability Development Day за вклад у просування Цілей сталого розвитку.

Премія всеукраїнського форуму «Лідерство і еко трансформація» за реалізацію екологічного проекту. «Енергія відновлення Землі» у межах глобальної ініціативи Greening of the Planet. «ТОП 100 лідерів сталого розвитку».

«Благодійна Україна».

«Благодійність великого бізнесу».

Крім цього, для забезпечення інформування стейкхолдерів щодо соціально-економічного впливу Товариства на розвиток регіонів господарської діяльності, було розроблено і впроваджено до національної процедури з оцінки впливу на довкілля інноваційне рішення – консолідацію та презентацію у додатковому звіті актуальних даних про сталий розвиток підприємства в регіоні. Відтепер до звітів з ОВД АТ «Укргазвидобування», які представлені у відкритому доступі на сайті Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (в умовах дії воєнного стану Реєстр з ОВД обмежений в доступі), додається окремий **Звіт про сталий розвиток АТ «Укргазвидобування»** у відповідному регіоні.

Для досягнення мети у забезпеченні Сталого розвитку суспільства, Товариство усвідомлює, що результативна діяльність соціально-відповідальних підприємств є запорукою добробуту цілих регіонів України, а можливо, і одним з основних факторів самовідчуття щасливими багатьох людей, які працюють на промислових підприємствах чи залучені до реалізації їх проектів.

Компанія наполегливо працює над формуванням умов для сталого розвитку. За останні кілька років вдалося досягти високої динаміки у розбудові системи ефективних відносин зі стейкхолдерами. З метою поширення кращих практик та обговорення важливих проблем у відносинах між бізнесом, суспільством та владою, Товариство ділиться досвідом Групи Нафтогаз та безпосередньо АТ «Укргазвидобування».



ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

<i>Т. В. БРУСЕНЦЕВА, Н. С. КОРОЛЬОВА, Н. М. НІМЕЦЬ, Н. С. ЦАПКО</i> ОСНОВНІ АСПЕКТИ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ЗАКОНУ ПРО УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ДО ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗАКОНОДАВСТВА	3
<i>А. Є. ДЕНИСОВА, П. О. ІВАНОВ</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В ҐРУНТОВІЙ ТЕПЛОНАСОСНІЙ СИСТЕМІ	11
<i>S. I. BUKHALO, A. O. AGEICHEVA, O. M. BELYANSKIY, I. V. ROZHENKO, A. A. ABAKUMOV</i> INNOVATIVE APPROACHES TO TEACHING FOREIGN LANGUAGES AT HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS	18

МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

<i>О. О. АГЕЙЧЕВА</i> АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЕЙ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ НОВИХ КИСЛОТНИХ СКЛАДІВ ДЛЯ КАРБОНАТНИХ КОЛЕКТОРІВ	28
<i>С. П. ІГЛИН</i> МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗІ ЗМІННИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	36
<i>О. С. ОПРИШКІН</i> ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СПРОЩЕНОЇ МОДЕЛІ ФАКТОРНОГО ВПЛИВУ НА ОДНОРІДНІСТЬ ПОМЕЛУ ЗЕРНА КАВИ	42

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

<i>Г. І. ГУРИНА, А. Г. КОТ, К. В. КАПЛИНА, О. О. ВЛАДИКО</i> ОКИСНО-ВІДНОВНИЙ МЕХАНІЗМ ВИДАЛЕННЯ Fe(III) ОКСИДУ З МОНТМОРИЛОНІТУ	48
<i>О. І. ФЕСЕНКО, Ю. В. МАСАЛЬСЬКИЙ, К. В. БАРДАКОВА, І. С. ЗАЙЦЕВА, Т. Д. ПАНАЙОТОВА</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ПИТНОЇ ВОДИ КЕРАМІЧНИМИ МІНЕРАЛІЗАТОРАМИ ДЛЯ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ПОБУТОВОЇ ВОДИ	58
<i>С. І. БУХКАЛО, Н. В. ЯКИМЕНКО-ТЕРЕЩЕНКО</i> МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОВАРОЗНАВЧИХ ТОВАРІВ В РЕСТОРАННОМУ БІЗНЕСІ	66

ІННОВАЦІЙНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

<i>О. В. ЄФІМОВ, Л. І. ТЮТЮНИК, Т. А. ГАРКУША, І. Д. СИДОРКІН, Д. Г. ВАСЮНІН</i> АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ ТЕС І АЕС	73
<i>S. I. BUKHALO, A. O. AGEICHEVA, S. O. SHKIL, S. Y. BOLOTNIKOV</i> THE ROLE OF TRANSLATION IN CROSS-CULTURAL COMMUNICATION	79
<i>С. І. БУХКАЛО</i> АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОВАРОЗНАВЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК В РЕСТОРАННОМУ БІЗНЕСІ	88
СТАЛІЙ ТА РЕГІОНАЛЬНИЙ РОЗВИТОК В АТ «УКРГАЗВИДОБУВАННІ»: СИСТЕМА КОРПОРАТИВНОЇ СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ	96
ЗМІСТ	98

CONTENT

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC DEVELOPMENTS

<i>T. BRUSENTSEVA, N. KOROLEVA, N. NIMETS, N. TSAPKO</i> MAIN ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE LAW ON WASTE MANAGEMENT IN EUROPEAN LEGISLATION ..	3
<i>A. E. DENYSOVA, P. O. IVANOV</i> MATHEMATICAL MODELING OF NON-STATIONARY HEAT PROCESSES IN THE GROUND HEAT PUMP SYSTEM	11
<i>S. I. BUKHALO, A. O. AGEICHEVA, O. M. BELYANSKIY, I. V. ROZHENKO, A. A. ABAKUMOV</i> INNOVATIVE APPROACHES TO TEACHING FOREIGN LANGUAGES AT HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS	18

MODELING AS A TOOL OF INNOVATION

<i>O. O. AHEICHEVA</i> ANALYSIS OF MODEL RESULTS OF LABORATORY TESTS OF NEW ACID COMPONENTS FOR CARBONATE COLLECTOR	28
<i>S. P. IGLIN</i> MATHEMATICAL MODELS OF CHEMICAL PROCESSES WITH VARIABLE CHARACTERISTICS	36
<i>O. S. OPRYSHKIN</i> APPLIED ASPECTS OF USING THE SIMPLIFIED MODEL OF FACTOR INFLUENCE ON THE HOMOGENITY OF COFFEE GRAIN GRINDING	42

ENERGY AND RESOURCE SAVING AS PROBLEMS AND TECHNOLOGIES OF INNOVATIONS

<i>GURINA GALYNA IVANIVNA, KOT ANTONINA, KAPLINA KATERYNA, VLADYKO OLEXANDRA</i> OXIDE-REDUCED MECHANISM OF Fe(III) OXIDE REMOVAL FROM MONTMORILLONITE	48
<i>O. I. FESENKO, YU. V. MASALSKIY, K. V. BARDAKOVA, I. S. ZAITSEVA, T. D. PANAIOTOVA</i> RESEARCH OF THE PROCESSES OF MINERALIZATION OF DRINKING WATER BY CERAMIC MINERALIZERS FOR DOMESTIC WATER PURIFICATION SYSTEMS	58
<i>S. I. BUKHALO, N. V. YAKYMENKO-TERESHCHENKO</i> METHODS FOR PROMOTION OF PRODUCTS IN THE RESTAURANT BUSINESS	66

INNOVATIVE SCIENTIFIC RESEARCH DIFFERENT PURPOSES

<i>O.V. YEFIMOV, L.I. TIUTIUNYK, T. A. HARKUSHA, I.D. SYDORKIN, D. G. VASYUNIN</i> ANALYSIS OF THE MAIN APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE CONDITION OF TPP AND NPP EQUIPMENT	73
<i>S. I. BUKHALO, A. O. AGEICHEVA, S. O. SHKIL, S. Y. BOLOTNIKOV</i> THE ROLE OF TRANSLATION IN CROSS-CULTURAL COMMUNICATION	78
<i>S. I. BUKHALO</i> ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE STUDY OF MARKET CHARACTERISTICS IN THE RESTAURANT BUSINESS	88
SUSTAINABLE AND REGIONAL DEVELOPMENT IN «UKRGAZVYDOBUVANNI»: CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY SYSTEM	96
CONTENT	98

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХП»
СЕРІЯ: ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У НАУКОВИХ РОБОТАХ
СТУДЕНТІВ**

Збірник наукових праць

№ 2'2023

Головний редактор: канд. техн. наук, чл-кор. НАН вищої освіти України, проф. С.І. Бухало

Технічний редактор: доц. Н.М. Мірошніченко

Відповідальний за випуск канд. техн. наук, доц. Н.М. Мірошніченко

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 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 31.10.23 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
