

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**

№ 2'2021

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

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

No. 2'2021

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

Харків  
НТУ «ХПІ», 2021

Kharkiv  
NTU "KhPI", 2021

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів** = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Innovation researches in students' scientific work: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». — Харків : НТУ «ХПІ», 2020. — № 2 (1362) 2021. — 92 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**, PhD, доц., с.н.с., Лабораторія

інтеграції сталого процесу, Технологічний

університет Брно, Чеська Республіка

**П. Стехлік**, PhD, проф., технологічний

університет, Брно, Чеська республіка

**З. Краванья**, проф., лабораторія системотехники и

устойчивого развития, Марибор, Словения

**Ф. Фридлер**, проф., Католический университет,

лабораторія Heriberto Cabezas, Будапешт, Венгрия

**Л. Пуиджанер**, профессор, доктор философии,

Политехнический университет Каталонии, кафедра

химического машиностроения, Барселона, Испания

**И. Плазл**, проф., факультет химии и химической

технологии, Университет Любляны, Любляна, Словения

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

Ноттингемский университет, кампус Малайзии, кафедра

химической и экологической инженерии, Малайзия

**Консультативна рада**

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

НТУ «ХПІ», Україна

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

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

України «Енергетика та ресурсозбереження»

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

нетрадиційних енерготехнологій, Інститут

проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного

НАН України

#### **Editorial staff**

Editor-in-chief:

**Bukhhalo 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 Klemeš**, dr. sc., Prof., Head of Sustainable Process

Integration Laboratory, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta

strojního inženýrství, Brno, Czech Republic

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

Sustainable Process Integration Laboratory, Brno University of

Technology, Brno, Czech Republic

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

Institute of Process and Environmental Engineering at the Faculty of

Mechanical Engineering, University of Technology, Brno, Czech

Republic

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

Chemical Engineering, Laboratory for Process Systems Engineering

and Sustainable Development, Maribor, Slovenia

**Ferenc Friedler**, Professor, PhD., Pázmány Péter Catholic

University, Heriberto Cabezas's Lab, Budapest, Hungary

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

Department of Chemical Engineering, Barcelona, Spain

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

Technology, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

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

Nottingham, Malaysia Campus, Dept. of Chemical and

Environmental Engineering, Malaysia

**Advisory Board**

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

Sciences of Ukraine, NTU "KhPI", Ukraine

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

University of Urban Economy, vice-president of National

Academy of Sciences of higher education of Ukraine

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

energy technologies Podgorny Institute for Mechanical Engine-

ering's Problems of National Academy of Sciences of Ukraine

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 11 від 26 листопада 2021 р.

Л. І. МОРОЗЮК, Є. В. КОСТЕНКО

## АНАЛІЗ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ В СИСТЕМІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ РЕКТИФІКАЦІЇ СУМІШІ ПРОПАН-БУТАН

В роботі представлений аналіз роботи теплового насосу в системі низькотемпературної ректифікації суміші пропан-бутан, що можна розглядати як початок теоретичного дослідження одноступеневих компресорних теплових насосів в малих системах низькотемпературної ректифікації суміші вуглеводнів. Пропан високої чистоти отримують з суміші пропан-бутан низькотемпературною ректифікацією. Вирішуючи завдання енергозбереження запропоновано систему «ректифікаційна колона – тепловий насос», який трансформує тепло, відведене при охолодженні «отдудки» у тепло, що поглинається при нагріванні кубового залишку. Аналіз роботи теплового насосу оцінено з позицій термодинаміки – методом енергетичного аналізу циклу з різними робочими речовинами, і техніки – встановлення впливу інженерних факторів на характеристики системи. Встановлено переваги пропану як робочої речовини теплового насосу в системі ректифікації суміші пропан-бутан.

**Ключові слова:** тепловий насос, ректифікація, суміш пропан-бутан, термодинамічний аналіз, режими роботи.

**Вступ.** У світі і, зокрема, Європі здійснюється жорсткий моніторинг за тим, щоб фторовмісні холодоагенти з діючих холодильних установок не потрапляли в атмосферу. Відповідальність за дотримання техніки екологічної безпеки при експлуатації холодильного обладнання покладено на споживачів. У такій ситуації багато хто воліє перевести обладнання на природні холодоагенти, безпечні для озонового шару і клімату.

До екологічних природних холодоагентів відносять: R290 – пропан, R600a – бутан і ізобутан, R744 – діоксид вуглецю і R717 – аміак. Одним з найбільш перспективних холодоагентів вважається пропан. Він не впливає на навколишнє середовище, його термодинамічні характеристики забезпечують високу енергетичну ефективність холодильних машин і теплових насосів. Європейці не тільки є найактивнішими в світі покупцями нового обладнання на пропані, а й масово переводять на його використання раніше встановлену холодильну техніку [1].

**Постановка задачі в загальному вигляді і її зв'язок термодинамічних принципів створення системи «ректифікаційна колона-тепловий насос» з науковими і практичними завданнями [2]**

Суміш пропан-бутан отримують зазвичай двома способами – при переробці природного газу на газопереробних заводах ГПЗ і на нафтопереробних заводах НПЗ, що визначає доступну ціну для споживача. Переважно використовувати зріджений газ, отриманий в процесі переробки нафти, так як він має більш стабільний склад

Технологічний ланцюжок виробництва зріджених газів починається з видобутку «сирої» нафти або «вологого» природного газу і закінчується зберіганням рідкої суміші пропан-бутану, повністю вільної від легких газів, важкої нафти і очищеної від слідів сірчистих сполук і води. Необхідність отримання, очищення і розділення газової суміші на окремі компоненти визначається в першу чергу

виробничими, технологічними або екологічними потребами. Отримання пропану високої чистоти визначається інтенсивним розвитком нового покоління холодильних машин

Одним з широко поширених способів отримання чистих компонентів природного газу – використання низькотемпературної ректифікації [2].

Низькотемпературна ректифікація заснована на охолодженні газової сировини до температури, при якій система переходить в двофазний стан (охолоджений газ і вуглеводневий конденсат) і подальшому розділенні газорідної суміші без попередньої сепарації в тарілчастих або насадкових ректифікаційних колонах. Принципову технологічну схему такої колони зображено на рис.1.

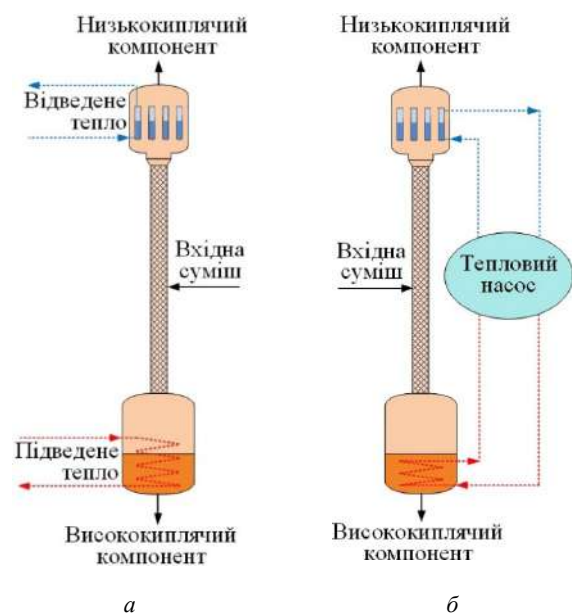


Рис. 1 – Принципова схема ректифікаційної колони для розділення бінарної суміші: а – з різними джерелами тепла, б – з тепловим насосом

© Морозюк Л.І., Костенко Є.В., 2021

Первинна суміш вводиться у середню частину колони. За активного тепломасообміну уздовж всієї колони з рідини, що потрапляє до кубу, витягується майже увесь низькокиплячий компонент. З пари, що підіймається доверху, встигає сконденсуватися висококиплячий компонент.

На практиці для здійснення таких процесів необхідно створити певні умови щодо витрат компонентів та енергоспоживання. Потрібно організувати внутрішню циркуляцію певної кількості рідини і пари шляхом підведення та відведення теплоти до відповідних ділянок та забезпечити достатню поверхню для контакту рідини і пари (рис. 1а).

Вирішуючи завдання енергозбереження, створюється система «ректифікаційна колона – тепловий насос» (рис. 1б). Тепловий насос як самостійна установка трансформує тепло, що виділяється в процесі охолодження «отдувки», в тепло, що поглинається в процесі нагрівання кубового залишку.

Відмінною особливістю системи «ректифікаційна колона – тепловий насос» є використання теплового насоса, робота якого не залежить від процесу ректифікації по робочій речовині, по температурному рівню і тепловому навантаженню нижньої частини колони ректифікації. Використання вказаних систем має цілком конкретні межі, визначені кліматичними умовами навколишнього середовища та термодинамічними характеристиками циклів теплових насосів. В роботі [3] розглянуто сім принципових схем систем «ректифікаційна колона-тепловий насос» для розділення суміші пропілен-пропан як з позицій термодинамічної досконалості, так і економіки. Автори доводять переваги нових пропозицій перед звичайними системами дистиляції та базовими системами. З огляду на існуючі тенденції у розвитку холодильної техніки та отриманні чистих компонентів природного газу, дослідження, що виконується, є актуальним.

**Мета.** На основі термодинамічних принципів провести аналіз роботи теплового насоса у складі системи ректифікації бінарної суміші пропан-бутан з отриманням пропану високої чистоти.

**Методи дослідження.** Технічна ідея реалізується на прикладі поділу суміші «пропан-бутан». Достатньо нагадати, що нормальна температура кипіння пропану  $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ , бутану  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Технологічна схема в загальному вигляді представлена на рис. 2. У теоретичній ректифікаційній колоні тепловий насос здійснює роботу за двома температурними рівнями: температурою конденсації пропану і температурою кипіння бутану. Парокомпресорний тепловий насос містить: компресор КМ, конденсатор КД, дросельний вентиль ТРВ, лінійний ресивер ЛР, оливовідокремлювач ОВ, відділювач рідини ВР, фільтр-осушник ФО та додаткові елементи. Увесь вказаний блок елементів знаходиться поза

ректифікаційною колоною. Випарник теплового насоса В розміщено у верхній частині колони, додатковий конденсатор КДД – у кубі колони.

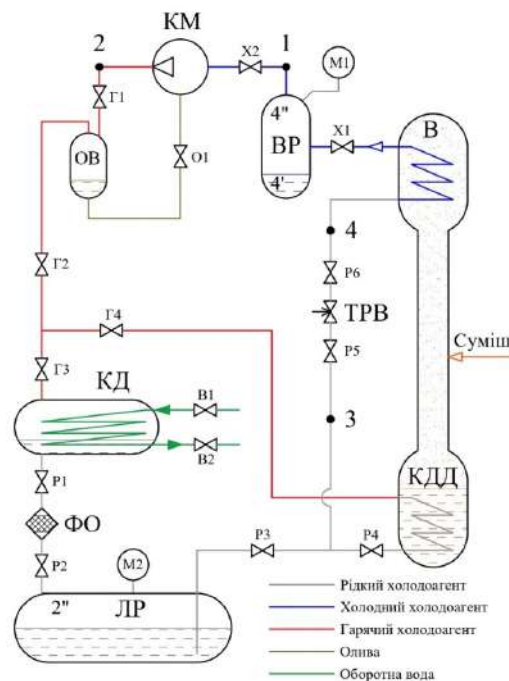


Рис. 2 – Принципова технологічна схема теплового насоса.

Робота теплового насоса здійснюється за циклом одноступеневого стиснення. Пара робочої речовини, що стиснута в компресорі, розділяється на два потоки: один прямує до кубу колони, інший - до конденсатора. Витрати потоків визначено технологічним процесом у колоні. Після конденсації обидва потоки знову об'єднуються. Після дроселювання робоча речовина надходить у верхню частину колони, там кипить і повертається у компресор.

Аналіз роботи теплового насоса здійснено з двох позицій.

**Термодинаміка.** Термодинамічний аналіз на першій стадії дослідження (аналіз циклу і схеми) робить висновок про доцільність запропонованої схеми і циклу взагалі або для конкретних умов експлуатації. Інструментом для дослідження є енергетичний аналіз циклу теплового насоса у режимі системи ректифікації.

**Техніка.** Аналіз існуючих технічних обмежень, асоційований з можливістю принципового використання (або безпечного використання) окремих елементів. Природно, технічні обмеження впливають на схему і цикл машини. При цьому складається попереднє (якісне) уявлення про вплив інженерних факторів на термодинамічні характеристики. Такий підхід до реалізації дослідження дозволяє створити розумний компроміс між прагненням до максимальної ефективності циклу і мінімальними витратами на установку.

На першому етапі термодинамічного аналізу визначаються температурні межі роботи ректифікаційної колони і теплового насосу в системі, приймаючи, що цикли здійснюються між джерелами з постійними температурами та без зовнішніх незворотностей. Такий підхід до розглядання явища, що відбувається, спрощує аналіз циклів теплового насосу по зворотному термодинамічному циклу з двома джерелами тепла становить:

- тепло  $Q_{кНК}$  підводиться при температурі  $T_{кНК}$  конденсації низькокиплячого компонента (пропану);
- тепло  $Q_{оВК}$  відводиться при температурі  $T_{оВК}$  кипіння висококиплячого компонента (бутану).

Загальний енергетичний баланс системи за першим законом термодинаміки можна визначити як:

$$Q_o + Q_k - \Delta Q_k = Q_{кНК} + Q_{оВК} \quad (1)$$

Права частина рівняння характеризує колону, ліва – тепловий насос

Режим тисків визначено в залежності від режиму температур. Температура конденсації

чистого компонента у верхній частині колони становить  $T_{кНК}=f(T_{cp})$  за тиском  $p_{кНК}=f(T_{cp})$ , згідно до цього тиск кипіння компонента у кубі –  $p_{кНК}=p_{оВК}$  та температура  $T_{оВК}=f(p_{оВК})$ . У відповідності до балансу системи суміш повинна мати параметри: температуру  $T_{cm}=T_{cp}$ , тиск  $p_{cm}=p_{кНК}$  та витрату  $G_{cm}$

$$G_{cm} = G_{кНК} + G_{оВК} \quad (2)$$

Другий етап аналізу – введення зовнішньої незворотності в процеси підведення і відведення тепла та визначення реальних умов роботи системи.

Робоча речовина теплового насосу здійснює цикл в інтервалі температур  $T_k > T_{оВК}$  та  $T_o < T_{кНК}$  відносно до колони. Тоді температурні рівні  $T_k, T_o$  є функціями  $\Delta T_k = T_k - T_{оВК}$  та  $\Delta T_o = T_{кНК} - T_o$ . Температурний режим у конденсаторі, що охолоджується навколишнім середовищем, становить  $\Delta T_k = T_k - T_{cp}$ .

Різниця температур евристично задає проектувальник. Цикл теплового насосу надано на рис.3.

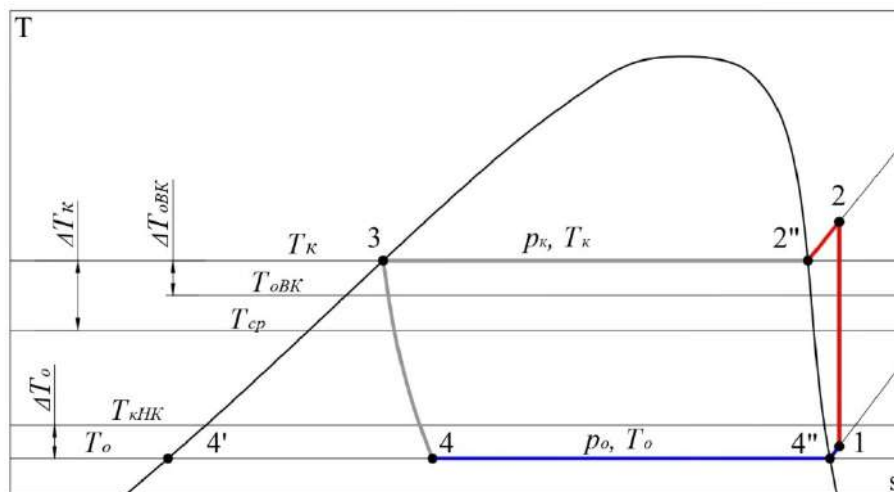


Рис. 3 – Цикл теплового насосу з двома конденсаторами в діаграмі температура–ентропія  $T$ - $s$ .

Третій етап аналізу – визначення теплових навантажень на теплообмінні апарати системи та енергетичної ефективності теплового насосу

Питомі характеристики циклу теплового насосу, згідно до рис.3 з залученням рекомендацій роботи [5], мають такі математичні вирази:

масове теплове навантаження на випарник:

$$q_o = h_1 - h_4, \text{ кДж/кг} \quad (3)$$

масове теплове навантаження на конденсатор:

$$q_k = h_2 - h_3, \text{ кДж/кг} \quad (4)$$

адіабатна робота стиснення:

$$w_a = h_2 - h_1, \text{ кДж/кг} \quad (5)$$

індикаторна робота стиснення:

$$w_i = w_a / \eta_i, \text{ кДж/кг}, \quad (6)$$

де:  $\eta_i$  - індикаторний ККД компресора; теоретичний COP циклу:

$$COP_{теор} = q_o / w_i, \quad (7)$$

Повні теплові навантаження на теплообмінні апарати отримають з енергетичного балансу  $Q_o = Q_{кНК}$ . Теплові навантаження на ректифікаційну колону  $Q_{кНК}$  та  $Q_{оВК}$  визначають за методиками,



наданими у роботі [4] і в даному дослідженні приймаються заданими величинами.

Повні характеристики теплового насосу:  
Масова витрата робочої речовини:

$$M_a = Q_o / q_o, \text{ кг/с} \quad (8)$$

Загальне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_k = M_a \cdot q_k \text{ кВт} \quad (9)$$

Доля теплового навантаження на конденсатор, що відводиться у навколишнє середовище:

$$Q_{кр} = Q_k - Q_{оВК}, \text{ кВт} \quad (10)$$

Ефективна потужність компресора

$$N_e = M_a w_a / \eta_e, \text{ кВт} \quad (11)$$

де  $\eta_e$  - ефективний ККД компресора [5]  
Дійсний COP теплового насосу:

$$COP_{дійсн} = Q_o / N_e, \quad (12)$$

COP відповідного циклу Карно

$$COP_{карно} = T_{кНК} / (T_{оВК} - T_{кНК}), \quad (13)$$

Ступінь термодинамічної досконалості циклу

$$\eta_{СТД} = COP_{дійсн} / COP_{карно}, \quad (14)$$

Теоретична об'ємна продуктивність компресора:

$$V_h = Q_o v_{ac} / q_o \lambda, \text{ м}^3/\text{с} \quad (15)$$

де  $v_{ac}$  – питомий об'єм робочої речовини на всмоктуванні у компресор,

$\lambda$  – коефіцієнт подавання[5]

За двома характеристиками (рів. 11 та 15) вибирають компресор.

Розроблена математична модель аналізу роботи теплового насосу як елемента системи «ректифікаційна колона - тепловий насос» є основою для числового моделювання.

**Приклад розрахунку теплового насосу для системи ректифікації суміші пропан-бутан з отриманням пропану високої чистоти.**

Для розрахунків використано дані робіт [6]. з розділення і очищення газової сировини, що витягується з різних родовищ. Виробництва орієнтовані на переробку вуглеводневих сумішей з різними концентраціями компонентів. Багатоцільові установки дозволяють виробляти у чистому вигляді пропілен, пропан і ізобутан.

Процеси в установках базуються на послідовному відділенні домішок в ректифікаційних колонах. Робота апаратів досягається завдяки автоматизованому парокompресорному тепловому насосу з енергетичним забезпеченням в діапазоні температур - 45 ... +45 ° С. Розроблені прогресивні схеми переробки, в результаті яких досягаються практично безвідходні технології отримання цільових продуктів. В роботі піддано дослідженню перший ступень системи – отримання пропану високої чистоти.

Вихідні дані для розрахунку енергетичних характеристик колони:

якісний склад суміші – пропан-бутан;

масова концентрація компонентів – пропан 60%, бутан 40%;

розрахункова температура навколишнього середовища  $T_{cp}=20^\circ\text{C}$ ;

продуктивність колони –  $G_{cm}=2$  т/добу.

Розрахунки енергетичного забезпечення колони здійснено з використанням комп'ютерної програми «Aspen HYSYS». результати наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики ректифікаційної колони у розрахунковому режимі

Параметр	Одиниці виміру	Суміш	«Отдувка»	Куб
Температура	°С	20	-6,3	29,74
Тиск	МПа	0,5	0,49	0,5
Масова витрата	кг/год	83,3	27,83	55,17
Концентрація бутану	%	60	0,01	99,87
Концентрація пропану	%	40	99,99	0,13
Теплове навантаження	кВт	–	відведене 14,29	підведене 9,05

Вихідні дані для розрахунку характеристик теплового насосу:

температура конденсації  $T_k = T_{оВК} + \Delta T_k = 40^\circ\text{C}$

температура кипіння  $T_o = T_{кНК} + \Delta T_o = -15^\circ\text{C}$

робочі речовини – R134, R290

теплове навантаження на випарник В:

$$Q_o = Q_{кНК} = 14,29 \text{ кВт}$$

теплове навантаження на конденсатор КДД:

$$Q_{крК} = Q_{оВК} = 9,05 \text{ кВт}$$

Розрахунки здійснено з залученням рів. 3–15 та методичних рекомендацій роботи [5], результати наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Характеристики циклів теплового насосу на R134 та R290

Характеристика	Одиниці виміру	R134	R290
$q_o$	кДж/кг	133,3	251,0
$q_k$	кДж/кг	171,7	324,6
$w_a$	кДж/кг	41,67	72,80
$w_i$	кДж/кг	55,56	97,10
$COP_{теор}$	-	2,40	2,58
$M_a$	кг/с	0,107	0,0569
$Q_k$	кВт	18,34	18,43
$Q_{ксп}$	кВтк	9,29	9,36
$N_i$	кВт	8,86	6,36
$COP_{дійсн}$	-	1,61	2,24
$V_h$	м <sup>3</sup> /с	0,0185	0,0133
$COP_{карно}$	-	7,44	7,44
$\eta_{стд}$	-	0,21	0,3

Розрахунки показали значну відмінність питомих характеристик термодинамічних циклів, що визначило зміну масової витрати робочої речовини, споживаної потужності компресора за постійного теплового навантаження на випарник та конденсатор. Ступінь термодинамічної досконалості не перевищує значення 0,3.

**Аналіз результатів дослідження.** Для проведення аналізу характеристики, що порівнюються, надані у графічній формі (рис. 4).

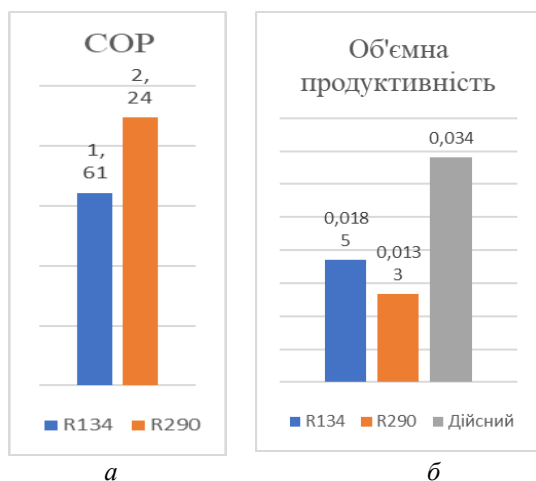


Рис. 4 – Порівняльний термодинамічний аналіз з вибору робочої речовини до теплового насосу:

а – коефіцієнт перетворення COP,

б – теоретична об'ємна продуктивність компресора

Як було сказано вище, аналіз роботи теплового насосу здійснюється з двох позицій: термодинаміки і техніки. Порівняльний енергетичний аналіз циклу одноступеневого теплового насосу з двома робочими речовинами (рис. 4а) показав явну перевагу R290, коефіцієнт перетворення COP(R290) вищий на 40 %. COP(R134). До того ж слід додати, що R290 є

продуктом ректифікації, і цей факт, з позицій техніки, спрощує умови експлуатації всієї системи.

Показником для технічного аналізу є габарит циклу (рис. 4б) – масогабаритні характеристики компресора, що асоціює з його теоретичною об'ємною продуктивністю  $V_h$  (м<sup>3</sup>/с). Якщо порівнювати дві робочі речовини, то переваги має знову R290, габарит циклу на 35% менший за інший. Висновок достовірний. такий результат аналізу присутній в роботах [7].

В об'єкті, що є прототипом системи, яка досліджується, встановлено компресор ФУУ25БС (ПБ50) з теоретичною об'ємною продуктивністю  $V_h=0,0344$ м<sup>3</sup>/с. Порівняльний аналіз свідчить, що потрібна продуктивність компресора має бути зменшена у 2–2,5 рази. що забезпечить зменшення маси і габаритів компресора і, як слідство, капітальні вкладення у систему. Низька термодинамічна досконалість пов'язана з зовнішніми незворотностями у випарнику і конденсаторі. Тобто, різні температури на теплопередавання як незалежні вихідні параметри повинні бути переосмислені.

**Висновки і перспективи подальшого розвитку даного напрямку.**

1. Проведеними дослідженнями встановлено, що одноступеневий компресорний тепловий насос здатний забезпечити ректифікацію суміші пропан-бутан в режимі літнього часу з отриманням пропану чистотою 99,99%.

2. Термодинамічний аналіз встановив, що цикл теплового насосу з R134 робочою речовиною має низьку енергетичну ефективність (COP=1,61) в режимі ректифікації суміші пропан-бутан в умовах високих температур навколишнього середовища.

3. Термодинамічний аналіз рекомендує виключити R134 з переліку робочих речовин для теплового насосу як не конкурентоздатний за масогабаритними та енергетичними характеристиками компресорів майже на 30% від альтернативних.

4. Для отримання можливості роботи ректифікаційної колони у будь-яких кліматичних умовах провести подальші дослідження для низьких температур навколишнього середовища.

5. Представлені результати можна розглядати початком теоретичного дослідження одноступеневих компресорних теплових насосів в малих системах низькотемпературної ректифікації суміші вуглеводнів. 6. Подальший розвиток спрямувати на пошук нових схемно-циклових рішень з метою зменшення зовнішніх незворотностей у процесах теплообміну «продукт ректифікації-робоча речовина теплового насосу».

#### Список літератури

1. Европа: кондиционеры переходят на пропан, АКВАТЕРМ, январь 2013; [https://aqua-therm.ru/articles/articles\\_269.html](https://aqua-therm.ru/articles/articles_269.html)

2. Низкотемпературная ректификация; [pehttps://studfile.net/preview/6217390/page/4/](https://studfile.net/preview/6217390/page/4/)

3. Distillation without hot utilities; development of novel distillation configurations for energy and costs saving for separation of propylene/ propane mixture Abolghasem

- Kazemia, Arjomand Mehrabani-Zeinabada, Masoud Beheshtib, Chemical Engineering and Processing – Process Intensification. Volume 123, January 2018, pp. 158–167.
- Morosuk L.A new combined «distillation column – heat pump» system. B. Andresen, T. Morosuk, 15-th International Congress of Chemical and Process Engineering: CD-ROOM of full texts, Praha, Czech Republic, 2001. – File 0204.
  - Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов / Т. В. Морозюк. – Одесса: Студия «Негоциант», 2006. – 712 с.
  - Multistage rectification of gaseous hydrocarbons containing sour gases : Patent Number 4,512,782:United States;Date of Patent Apr. 23, 1985.
  - Морозюк Л.І. Принцип створення системи тригенерації з сонячною енергоустановкою, Л. І. Морозюк, А. Є. Денисова, Саад Алдін АлхеміріДдауд Ліла, Хуссейн Джамал Таліб // Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». 2020, № 5 (1359) doi: 10.20998/2220-4784.2020.05.02
  - Nizkotemperaturnaja rektifikacija; pehttps://studfile net/preview/6217390/page:4/
  - Distillation without hot utilities; development of novel distillation configurations for energy and costs saving for separation of propylene/ propane mixture Abolghasem Kazemia, Arjomand Mehrabani-Zeinabada, Masoud Beheshtib, Chemical Engineering and Processing – Process Intensification. Volume 123, January 2018, pp. 158–167.
  - Morosuk L.A new combined «distillation column – heat pump» system. B. Andresen, T. Morosuk, 15 International Congress of Chemical and Process Engineering: cd-room of full texts, Praha, Czech Republic, 2001. File 0204.
  - Morozjuk T.V. Teorija holodil'nyh mashin i teplovyh nasosov. – Odessa: Studija «Negociant», 2006. – 712 p.
  - Multistage rectification of gaseous hydrocarbons containing sour gases : Patent Number 4,512,782:United States;Date of Patent Apr. 23, 1985.
  - Morozjuk L.I. Princip stvorennja sistemi trigeneracii z sonjachnoju energoustanovko, L. I. Morozjuk, A. Є. Denisova, Saad Aldin AlhemiriDdaud Lila, Hussejn Dzhamal Talib // Visnik NTU «KhPI». 2020, 5 (1359) doi: 10.20998/2220-4784.2020.05.02

### Bibliography (transliterated)

- Европа: кондиционеры переходят на пропан, АКВАТЕРМ, январь 2013; [https://aqua-therm.ru/articles/articles\\_269](https://aqua-therm.ru/articles/articles_269)

Надійшла (received) 19.10.2021

### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Морозюк Лариса Іванівна (Морозюк Лариса Ивановна, Morozjuk Larisa Ivanivna)** – доктор технічних наук, доцент, Одеська національна академія харчових технологій, професор, кафедри криогенної техніки, м. Одеса, Україна, вул. Канатна, 112; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4133-1984>; e-mail: [Lara.morozjuk@mail.ru](mailto:Lara.morozjuk@mail.ru)  
**Костенко Євген Володимирович (Костенко Евгений Владимирович, Kostenko Evgeny Vladimirovich)** - аспірант кафедри криогенної техніки, Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна, вул. Канатна, 112; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6833-0247>, e-mail: [kostenko-zheka@hotmail.com](mailto:kostenko-zheka@hotmail.com)

### LARISA MOROZYUK, EVGENY KOSTENKO

#### ANALYSIS OF THE HEAT PUMP OPERATION IN THE LOW-TEMPERATURE RECTIFICATION SYSTEM OF PROPANE-BUTANE MIXTURE

The article presents the results of the analysis of the operation of a heat pump in the system of low-temperature rectification of a propane-butane mixture. High-purity propane is obtained from a propane-butane mixture. A "rectification column-heat pump" system is proposed, which transforms the heat removed during the cooling of the component in the upper part of the column into heat absorbed during heating of the bottoms. In accordance with the energy balance of the system, it has been established that part of the heat pump condensation is not used in the distillation column, but is removed to the environment. The heat pump flow diagram contains one evaporator and two condensers. The operation of the heat pump is evaluated from the standpoint of thermodynamics – by the method of energy analysis of the cycle with R134 and R290 working substances, It has been established that the low thermodynamic efficiency of the heat pump is determined by external irreversible losses in the condensers and the evaporator The advantages of R290 as a working substance of the heat pump have been proved and the required theoretical volumetric capacity of the compressor has been determined.

**Keywords:** heat pump, rectification, propane-butane. thermodynamic analysis; operating modes.

#### Л. И. МОРОЗЮК, Е.В. КОСТЕНКО

#### АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СИСТЕМЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ СМЕСИ ПРОПАН-БУТАН

Пропан высокой чистоты получают из смеси пропан-бутан низкотемпературной ректификацией. Решая задачу энергосбережения, предложена система «ректификационная колонна-тепловой насос», трансформирующая тепло, отведенное при охлаждении «отдувки» в тепло, поглощаемое при нагревании кубового остатка. Анализ работы теплового насоса оценен с позиций термодинамики - методом энергетического анализа цикла с различными рабочими веществами, и техники – установление влияния инженерных факторов на характеристики системы. Установлены преимущества пропана как рабочего вещества теплового насоса в системе ректификации смеси пропан-бутан.

**Ключевые слова:** тепловой насос, ректификация, пропан-бутан. термодинамический анализ; режимы работы.



Г. В. ЛІСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, А. В. ЗАХАРОВ, М. С. МАЙСТАТ, В. В. ВОЛОЩУК, В. В. САРАЙ

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РАДІОПОГЛИНАЮЧОЇ КЕРАМІКИ

Об'єктом роботи є технологія виготовлення радіопоглинаючої кераміки на основі облицювальної плитки з додаванням карбиду кремнію. Для визначення фізичних властивостей використовувався метод гідростатичного зважування у воді. Визначали також рентгенофазовий аналіз та спектральні характеристики – коефіцієнти передачі та відбиття, у діапазоні частот 25,8 - 37,5 ГГц. Плитка складеться з двох шарів. Спочатку окремо отримують прес-порошок для I і II шару з сировинних матеріалів в заданій кількості, які зважували, зволожували, мололи в шаровому млині; шлікер висушували в сушильній шафі потім подрібнювали та пропускали крізь відповідне сито. Зволожений прес-порошок для I шару, відважували та засипали в форму для пресування, після чого зволожений прес-порошок для II шару, відважували та досипали в форму для пресування. Отриманий сирець висушували. Напівфабрикат покривали поливою та ставили в сушильну шафу. Готовий напівфабрикат випалювали у силітовій печі. Виготовлена за розробленою технологією двошарова плитка з полив'яним покриттям характеризувалась наступними характеристиками: водопоглинання – 9,8 % уявна густина – 1,90 г/см<sup>3</sup>. Розроблену кераміку, згідно класифікації-ідентифікації, можна віднести до класу радіопоглинаючої кераміки.

**Ключові слова:** радіопоглинання, композиційна кераміка, двошарова плитка, карбід кремнію, водопоглинання, відкрита поруватість, уявна густина, рентгенофазовий аналіз, коефіцієнт передачі, коефіцієнт відбиття.

**Вступ.** Висока концентрація електромагнітного випромінювання яке впливає на людину та при високій її інтенсивності [1–4] викликає проблеми з центральною нервовою системою, підвищується втомлюваність, погіршується зір та негативно впливає [5, 6] на технічні характеристики електронних пристроїв.

Традиційні металеві сплави та ферити [7–10] не є практичними в чистому вигляді через економічні та технічні аспекти. Тому більш раціонально використовувати добавки для запобігання впливу електромагнітного випромінювання, які вводять у діелектричну матрицю для зменшення питомого об'ємного опору і збільшення магнітної проникності матеріалів. В більшості композиційних матеріалів використовують органічні речовини [11], які є токсичними, горючими та мають низьку міцність (смола, гума, фарба, лак тощо). Використання кераміки як матриці може усунути ці недоліки.

Виготовлення радіопоглинаючої кераміки, важливе не тільки для України та Європейського Союзу, але й для світу. Тому основна задача дослідження полягає в розробці технології

виготовлення радіопоглинаючої кераміки з полив'яним покриттям, яка має захисні властивості від електромагнітного випромінювання.

**Методика проведення досліджень.**

При проведенні досліджень використовували методи визначення водопоглинання, уявної густини, відкритої поруватості у відповідності з ГОСТ 24409-80. Експериментальні значення показників визначали як середнє арифметичне з 3 вимірювань.

Досліджування електродинамічних характеристик зразків – коефіцієнтів передачі та відбиття, проводили у діапазоні частот 25,8 – 37,5 ГГц. Використовували стандартні прямокутні хвилеводи перерізом 7.2 x 3.4 мм<sup>2</sup>. Зразки, які досліджувалися, повністю перекривали переріз хвилеводу та мали товщину - 1,5 мм. Для визначення параметрів взаємодії електромагнітного випромінювання зі зразками була використана модернізована стандартна апаратура – вимірювач коефіцієнту стоячої хвилі та ослаблення у складі генераторного блоку Р2-65 з індикатором Я2Р-67. Визначення коефіцієнта передачі проводилося по схемі, приведеній на рис. 1.



Рис. 1 – Блок-схема експериментальної установки для визначення коефіцієнту передачі:  
1,3 – напрямлені відгалужувачі; 2 – хвилевід із зразком; 4 – узгоджене навантаження

Коефіцієнт передачі визначався по шкалі ослаблення вимірювача Р2-65 в децибелах.

При переорієнтації напрямленого відгалужувача 3 на 180° вимірювався коефіцієнт стоячої хвилі.

© Лісачук Г.В., Кривобок Р.В., Захаров А.В., Майстат М.С., Волощук В.В., Сарай В.В., 2021

За формулою (1) розраховувався коефіцієнт відбиття в децибелах:

$$k_{\text{відбит}} = 20 \cdot \lg((k_{\text{сх}} - 1)/(k_{\text{сх}} + 1)) \quad (1)$$

де  $k_{\text{відбит}}$  – коефіцієнт відбиття, дБ;  
 $k_{\text{сх}}$  – коефіцієнт стоячої хвилі, дБ.

Фазовий склад дослідних зразків визначали за допомогою методу рентгенофазового аналізу із застосуванням дифрактометра ДРОН-3М з  $\text{CuK}\alpha$ -випромінюванням та нікелевим фільтром при стандартних умовах його роботи. Для класифікації ідентифікації фаз використовували американську картотеку American Society for Testing and Materials (ASTM) [12].

#### Експериментальна частина

Вибір керамічної маси проводили виходячи з умови найменшої температури і часу випалу, враховуючи, що добавка може окислюватися, вигоряти або взаємодіяти з діелектричною матрицею. В даній роботі розглядалась керамічна маса для виробництва плитки внутрішнього облицювання стін. Функціональна схема виготовлення радіопоглинаючої кераміки показана на рис. 2. Прийом та підготовка вихідних компонентів

виготовлення радіопоглинаючої кераміки повинна забезпечити для кожного компонента керамічної маси заданий хіміко-мінералогічний склад, необхідний ступінь чистоти, а також фізичний стан та вологість, які необхідні для подальшої переробки.

Підготовка вихідних компонентів повинна забезпечити кожному компоненту керамічної маси заданий хіміко-мінералогічний склад, необхідну ступінь чистоти, і навіть фізичний стан і вологість, необхідні подальшої переробки.

Ця стадія включає загальні складові підготовчих операцій технології:

1) процеси збагачення (або «упорядкування») мінеральної сировини, тобто, наприклад, промивання водою;

2) сортування, магнітну або ситову сепарацію; хімічне очищення та інші способи видалення шкідливих домішок;

3) попереднє дроблення;

4) сушіння сировини до вологості, що забезпечує можливість подрібнення;

5) попередню термічну обробку (випал), що забезпечує необхідні фазові перетворення, ущільнення та видалення летких компонентів.

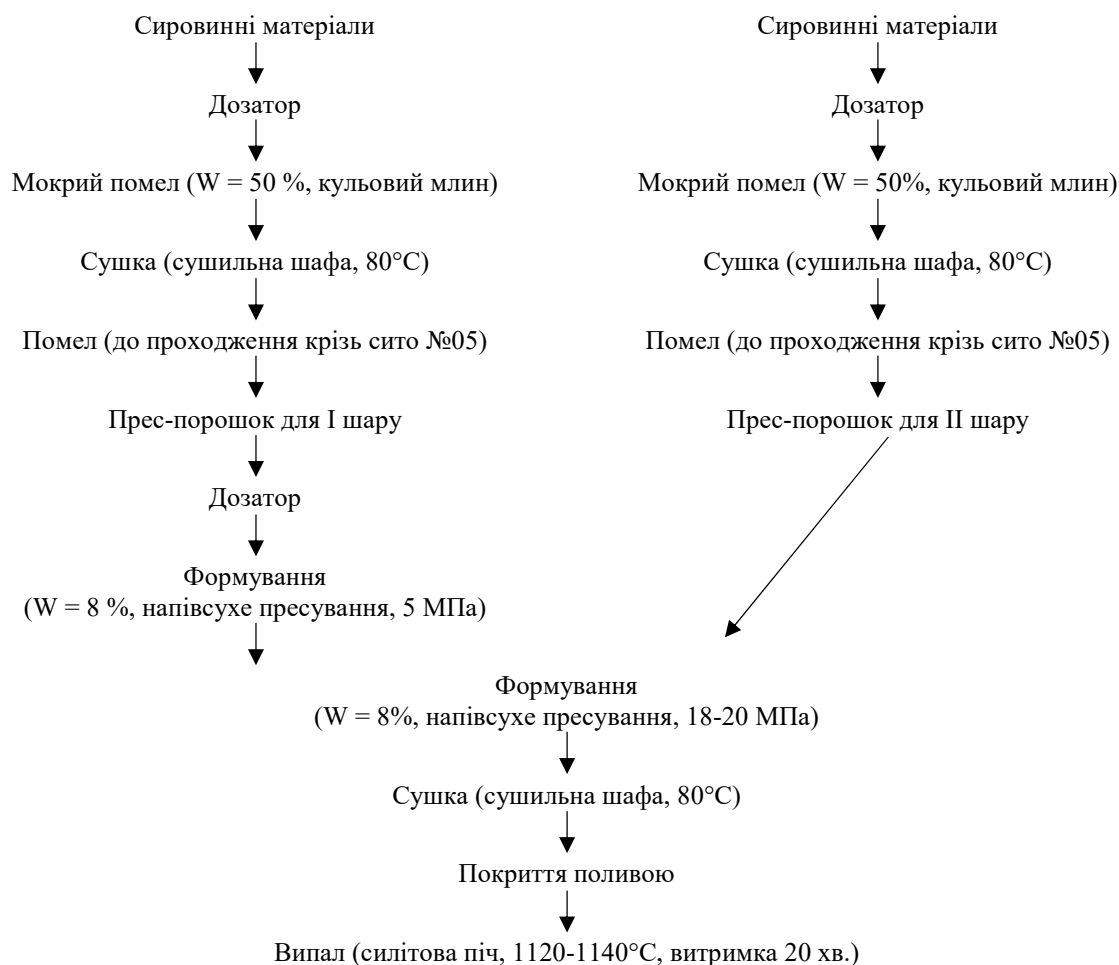


Рис. 2 – Функціональна схема виготовлення радіопоглинаючої кераміки

Таблиця 1 – Шихтові складові для плитки

Найменування сировинних матеріалів	Масовий вміст матеріалів, мас. %			
	II шар	I шар		
		1	2	3
Глина Андріївська	43,00	38,70	34,40	30,10
Гранітні відсів	13,00	11,70	10,40	9,10
Карбід кремнію	-	10,00	20,00	30,00
Пісок кварцовий	29,04	26,14	23,23	20,33
Крейда подрібнена	8,03	7,23	6,42	5,62
Плитковий бій	6,93	6,24	5,54	4,85

Плитка складеться з двох шарів (рис. 3). Шихтові склади для I та II шарів для плитки показано у табл.1.

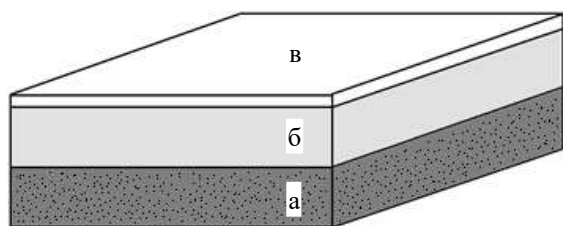


Рис. 3 – Схематичне розташування шарів в плитці:  
а) I шар; б) II шар; в) полива

Прес-порошок для I і II шару отримували окремо з сировинних матеріалів в заданій кількості, які зважували, зволожували, мололи в шаровому млині; шлікер висушували в сушильній шафі потім подрібнювали та пропускали крізь сито №05.

Спочатку прес-порошок для I шару зволожений до 8%, відважували та засипали в форму для пресування, сила тиску становила 5 МПа, після чого

прес-порошок для II шару зволожений до 8%, відважували та досипали в форму для пресування, сила тиску становила 18 – 20 МПа. Отриманий сирець висушували.

Далі напівфабрикат покривали поливою та ставили в сушильну шафу.

Готовий напівфабрикат випалювали у силітовій печі за температури випалу 1120–1140 °С, з витримкою за максимальної температури 20 хв.

#### Результати досліджень та їх обговорення

На початку дослідження визначали фізичні властивості зразків окремо для I та II шарів. Потім для кращого дослідженого зразка I шару визначали його спектральні характеристики коефіцієнта передачі та відбиття, а далі проводили його рентгенофазовий аналіз.

Для двошарової плитки виготовленої за розробленою технологією з використанням кращої маси для I шару та провели дослід з визначення водопоглинання, уявної густини та відкритої поруватості.

Результати проведених дослідів наведені на рис. 4–6.

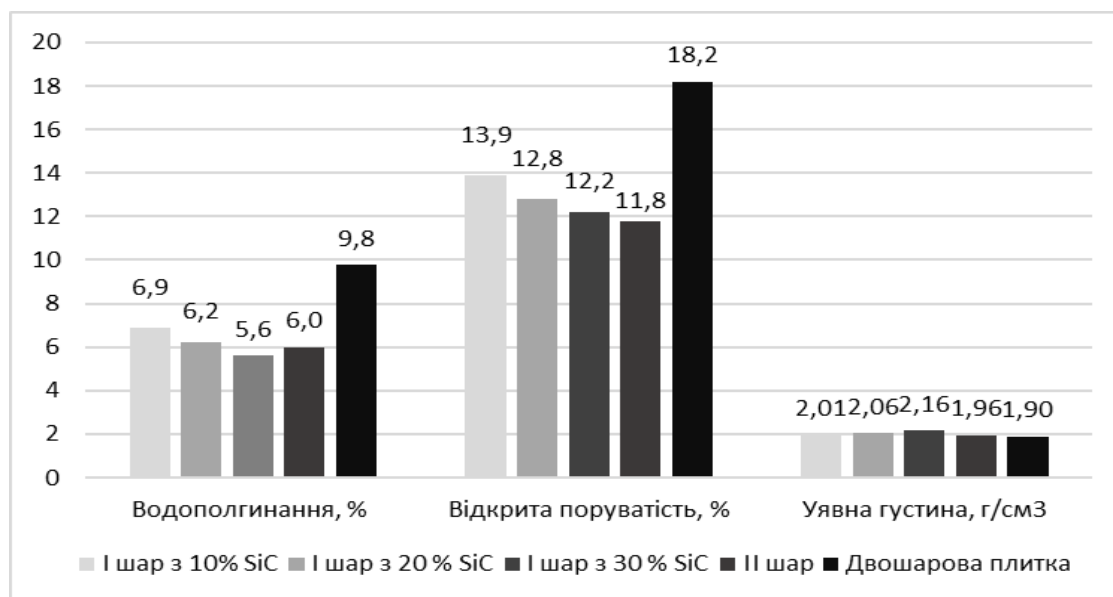


Рис. 4 – Фізичні властивості дослідних зразків

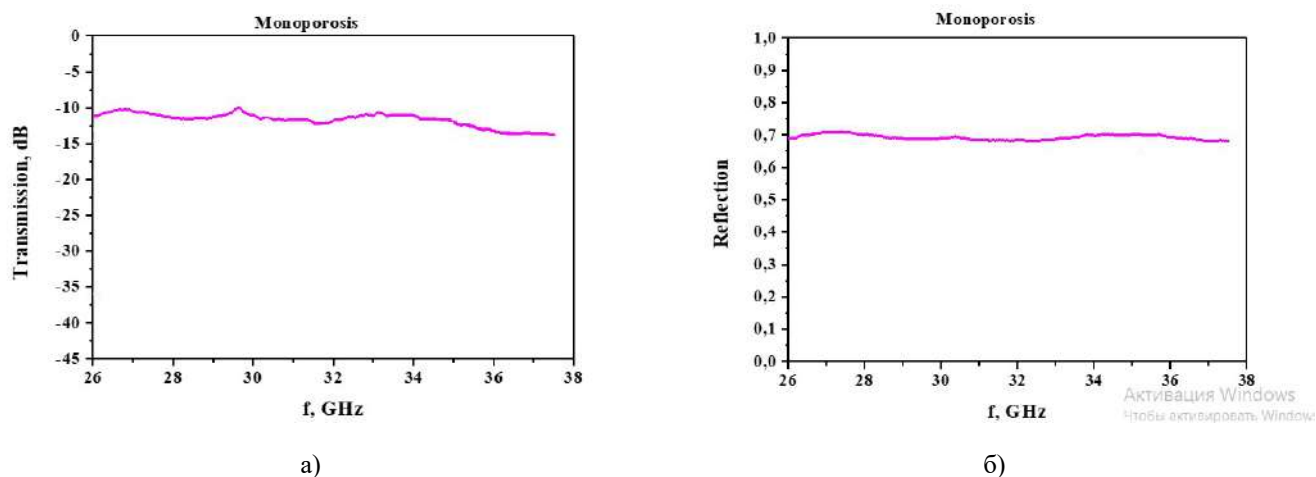


Рис. 5 – Спектральні характеристики I шару з 30 % SiC:  
а) коефіцієнт передачі; б) коефіцієнт відбиття

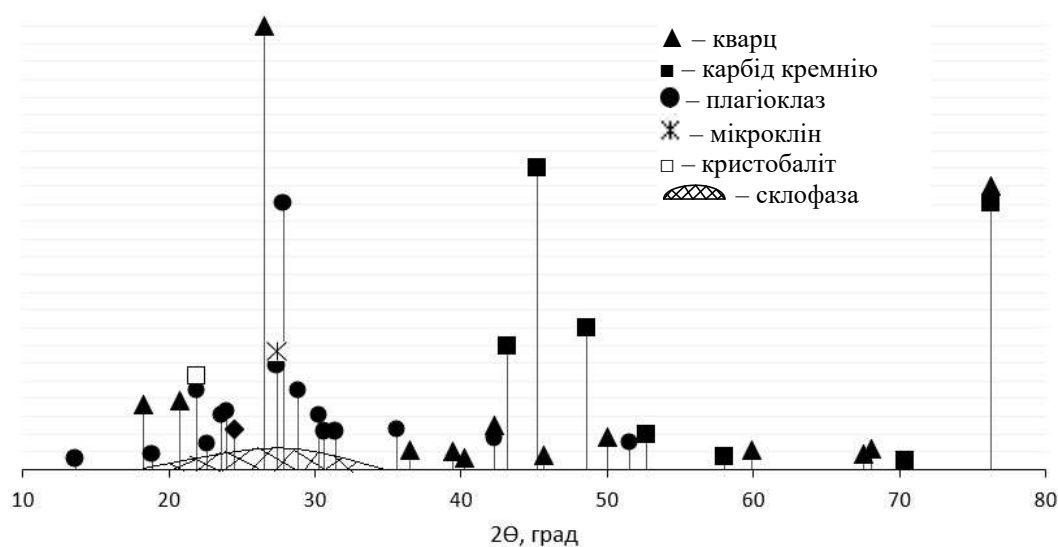


Рис. 6 – Штрих-рентгенограма I шару з 30 % SiC після випалу

Як видно на штрих-рентгенограмі після випалу карбід кремнію (SiC) зберігся в складі I шару, що є важливою умовою отримання радіопоглинаючої кераміки за класифікацією-ідентифікацією.

В діапазоні частот 25,8–37,5 ГГц коефіцієнт передачі хвилі знаходиться в межах 10–13 дБ. Коефіцієнт відбиття хвилі становив близько 0,7 дБ. Це вказує на перспективу застосування цього складу з SiC як матеріал для радіопоглинаючої кераміки.

В результаті виконання роботи було розроблено технологію виготовлення радіопоглинаючої композиційної кераміки з полив'яним покриттям, яка за проведеним аналізом має захисні властивості від електромагнітного випромінювання.

Для шару з карбідом кремнію найкращим був зразок з 30 % SiC, який мав наступні властивості: водопоглинання – 5,6 %, відкрита поруватість – 12,2 %, уявна густина – 2,16 г/см<sup>3</sup>.

Для II шару були характерні такі данні: водопоглинання – 6,0 %, відкрита поруватість – 11,8 %, уявна густина – 1,96 г/см<sup>3</sup>.

Виготовлена за розробленою технологією двошарова плитка з полив'яним покриттям мала наступні характеристики: водопоглинання – 9,8 %, відкрита поруватість – 18,2 %, уявна густина – 1,90 г/см<sup>3</sup>. Окремо для I шару плитки з 30 % SiC було проведено рентгенофазовий аналіз, що показав наявність SiC, що є важливою умовою отримання радіопоглинаючої кераміки.

Досліджувались також електродинамічні характеристики зразку з 30 % SiC у діапазоні частот 25,8–37,5 ГГц. Коефіцієнт передачі хвилі знаходиться в межах 10–13 дБ. Коефіцієнт відбиття хвилі становив близько 0,7 дБ. Це вказує на перспективу застосування цього складу з SiC як матеріал для радіопоглинаючої кераміки.

### Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку

Основна задача дослідження – розробка технології виготовлення радіопоглинаючої кераміки з полив'яним покриттям, яка має захисні властивості від електромагнітного випромінювання виконана, що підтверджено проведеними випробуваннями та аналізом отриманих результатів.

При проведенні досліджень використовували методи визначення водопоглинання, уявної густини, відкритої поруватості у відповідності з ГОСТ 24409-80. Експериментальні значення показників визначали як середнє арифметичне з 3 вимірювань.

Розроблена кераміка має характеристики, що задовольняють вимогам її використання в будівництві та в електронних приладах з метою ефективного екранування шкідливого випромінювання, а саму кераміку, згідно класифікації, можна віднести до класу радіопоглинаючої кераміки.

Робота виконувалась в рамках гранту Національним фондом досліджень України за договором №166/02/0337 «Композиційні матеріали на основі кераміки для захисту від електромагнітного випромінювання» (реєстраційний номер 0121U111372).

### Список літератури

- Шевель Д. М. Электромагнитная безопасность : Palmarium academic publishing, 2012. 512 с.
- Давыдов Б. И., Тихончук В. С., В. В. Антипов Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений / под ред. Ю.Г. Григорьева : М. : Энергоатомиздат, 1984. 176 с.
- Минин Б. А. СВЧ и безопасность человека : Москва : Советское радио, 1974. 352 с.
- Иванов В. Г., Дзюндзюк Б. В., Олександров Ю. М. Охрана праці в електроустановках : Київ: АТ Око, 1994. 227 с.
- Капура И.А., Бакуменко Б.В. Анализ методов и средств защиты радиоэлектронной аппара. *Системы обработки информации*. 2010. № 6. С. 87-90.
- Левитт Б. Блейк Защита от электромагнитных полей : Санкт-Петербург: АСТ, Астрель, 2007. 448 с.
- Шапиро Д. Н. Электромагнитное экранирование : Долгопрудный: Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 128 с.
- Петров В. М., Гагулин В. В. Радиопоглощающие материалы. *Неорганические материалы*. 2001. Т. 37, №2. С. 135-141.
- Куневич А. В., Подольский А. В., Сидоров И. Н. Ферриты: Энциклопедический справочник. Магниты и магнитные системы. Том 1 : Санкт-Петербург: Лик, 2004. 361 с.
- Разработка композиционных покрытий по керамике, экранирующих электромагнитные излучения / Г.В. Лисачук и др. Вестник науки и техники. 2005. – № 4 (23). С. 55–60.
- Влияние токопроводящих добавок на электрофизические свойства облицовочной керамики / Г. В. Лисачук та ін. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. 2005. № 25. С. 163–166.
- ASTM Diffraction data cards and alphabetical grouped numerical index of X-ray diffraction data. – Philadelphia, 1977.

### Bibliography (transliterated)

- Shevel D. M. *Elektromahnytnaia bezopasnost* : Palmarium academic publishing, 2012. 512 p.
- Davydov B. Y., Tykhonchuk V. S., V. V. Antypov *Byolohycheskoe deistvye, normyrovanye y zashchyta ot elektromahnytnykh yzluchenyi* / pod red. Yu.H. Hryhoreva : Moskva : Enerhoatomizdat, 1984. 176 p.
- Mynyn B. A. *SVCh y bezopasnost cheloveka* : Moskva : Sovetskoe radio, 1974. 352 p.
- Ivanov V. H., Dziundziuk B. V., Oлександрov Yu. M. *Okhorona pratsi v elektroustanovkakh* : Kyiv: AT Oко, 1994. 227 p.
- Kapura Y.A., Bakumenko B.V. *Analyz metodov y sredstv zashchyty radyoelektronnoi appara. Systemy obrobky informatsii*. 2010. № 6, pp. 87–90.
- Levytt B. Bleik *Zashchyta ot elektromahnytnykh polei* : Sankt-Peterburh: AST, Astrel, 2007. 448 s.
- Shapyro D. N. *Elektromahnytnoe ekranirovanye* : Dolhoprudnyi: Dolhoprudnyi: Yzdatelskyi Dom «Yntellekt», 2010. 128 p.
- Petrov V. M., Nahulyn V. V. *Radyopohloshchayushchye materialy. Neorhanycheskye materyaly*. 2001. T. 37, №2, pp. 135–141.
- Kunevych A. V., Podolskyi A. V., Sydorov Y. N. *Ferryty: Entsiklopedycheskyi spravochnyk. Mahnyty y mahnytnye systemy. Tom 1* : Sankt-Peterburh: Lyk, 2004. 361 p.
- Razrabotka kompozytsyonnykh pokrytyi po keramyke, ekranuyuiushchykh elektromahnytnye yzluchenyia / H.V. Lysachuk y dr. *Vestnyk nauky y tekhnky*. 2005. – № 4 (23), pp. 55–60.
- Vlyianyie tokoprovodiashchykh dobavok na elektrofyzicheskye svoistva oblytsovochnoi keramyky / H. V. Lysachuk ta in. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskyi politekhnichniy instytut»*. 2005. № 25, pp. 163–166.
- ASTM Diffraction data cards and alphabetical grouped numerical index of X-ray diffraction data. – Philadelphia, 1977.

Надійшла (received) 19.10.2021



## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Лисачук Георгій Вікторович (Лисачук Георгий Викторович, Lisachuk George Viktorovych)** – професор кафедри Технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7157-9115> e-mail: [lisachuk@kpi.kharkov.ua](mailto:lisachuk@kpi.kharkov.ua)

**Кривобок Руслан Вікторович (Кривобок Руслан Викторович, Kryvobok Ruslan Viktorovych)** – старший науковий співробітник Науково-дослідної частини, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2334-4434> e-mail: [krivobok491@gmail.com](mailto:krivobok491@gmail.com)

**Захаров Артем Вячеславович (Захаров Артем Вячеславович, Zakharov Artem Viacheslavovych)** – старший науковий співробітник Науково-дослідної частини, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0120-8263> e-mail: [zakharovartem106@gmail.com](mailto:zakharovartem106@gmail.com)

**Волощук Валентина Василівна (Волощук Валентина Васильевна, Voloshchuk Valentyna Vasylyvna)** – аспірант кафедри Технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2120-3088> e-mail: [valenty93vol@gmail.com](mailto:valenty93vol@gmail.com)

**Майстат Микита Сергійович (Майстат Никита Сергеевич, Maistat Mykyta Serhiiovych)** – аспірант кафедри Технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1875-3946> e-mail: [aichemict777@gmail.com](mailto:aichemict777@gmail.com)

**Сарай Василь Володимирович (Сарай Василий Владимирович, Sarai Vasyl Volodymyrovych)** – аспірант кафедри Технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8058-9211> e-mail: [nov\\_vitv@ukr.net](mailto:nov_vitv@ukr.net)

**G. V. LISACHUK, R. V. KRYVOBOK, A. V. ZAKHAROV, V. V. VOLOSHCHUK, M. S. MAISTAT, V. V. SARAI**

#### TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF RADIO ABSORPTION CERAMICS

The object of the work is the technology of manufacturing radio-absorbing ceramics on the basis of facing tiles with the addition of silicon carbide. The method of hydrostatic weighing in water was used to determine the physical properties. X-ray phase analysis and spectral characteristics - transmission and reflection coefficients, in the frequency range 25.8 – 37.5 GHz were also determined. Tiles consist of two layers. First, separately obtain a press powder for the I and II layer of raw materials in a given amount, which were weighed, moistened, ground in a ball mill; the slip was dried in an oven, then ground and passed through a suitable sieve. The moistened press powder for the first layer was weighed and poured into a mold for pressing, after which the moistened press powder for the second layer was weighed and poured into the mold for pressing. The resulting raw material was dried. The semi-finished product was covered with watering and placed in an oven. The finished semi-finished product was fired in a silite furnace. The two-layer tile with an irrigated covering made on the developed technology was characterized by the following characteristics: water absorption – 9,8 %, imaginary density – 1,90 g/cm<sup>3</sup>. The developed ceramics, according to the classification, can be referred to the class of radio-absorbing ceramics.

**Keywords:** radioabsorption, composite ceramics, two-layer tile, silicon carbide, water absorption, open porosity, apparent density, X-ray phase analysis, transmission coefficient, reflection coefficient

**Г. В. ЛИСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, А. В. ЗАХАРОВ, В. В. ВОЛОЩУК, Н. С. МАЙСТАТ, В. В. САРАЙ**

#### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАДИОПОГЛАШАЮЩЕЙ КЕРАМИКИ

Объектом работы является технология изготовления радиопоглощающей керамики на основе облицовочной плитки с добавлением карбида кремния. Для определения физических свойств использовался метод гидростатического взвешивания в воде. Определяли также рентгенофазовый анализ и спектральные характеристики – коэффициенты передачи и отражения в диапазоне частот 25,8 – 37,5 ГГц. Плитка состоит из двух слоев. Сначала отдельно получают пресс-порошок для I и II слоя из сырьевых материалов в заданном количестве, которые взвешивали, увлажняли, мололи в шаровой мельнице; шликер высушивали в сушильном шкафу затем измельчали и пропускали через соответствующее сито. Увлажненный пресс-порошок для I слоя, отвешивали и засыпали в форму для прессования, после чего увлажненный пресс-порошок для II слоя, отвешивали и досыпали в форму для прессования. Полученный сырец высушивали. Полуфабрикат покрывали глазурью и ставили в сушильный шкаф. Готовый полуфабрикат обжигали в силитовой печи. Изготовленная по разработанной технологии двухслойная плитка с глазурованным покрытием характеризовалась следующими характеристиками: водопоглощение – 9,8%, мнимая плотность – 1,90 г/см<sup>3</sup>. Разработанную керамику, согласно классификации, можно отнести к классу радиопоглощающей керамики.

**Ключевые слова:** радиопоглощение, композиционная керамика, двухслойная плитка, карбид кремния, водопоглощение, открытая пористость, мнимая плотность, рентгенофазовый анализ, коэффициент передачи, коэффициент отражения

**К. В. БЛОГУБКИНА, О. Ю. ФЕДОРЕНКО, Р. В. КРИВОБОК, А. В. ЗАХАРОВ**

## **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРМУВАННЯ ОБТІЧНИКІВ МЕТОДОМ ШЛІКЕРНОГО ЛИТТЯ**

У матеріалах статті розглядається ефективність застосування добавок для стабілізації і розрідження безглинистих шлікерів. Для виробництва радіопрозорих керамічних матеріалів цельзіан-вілемітового складу найбільш ефективним та енергоощадним методом виробництва являється метод шлікерного лиття. Згідно з шихтового складу дана технологія ускладнюється відсутністю глинистих складових, що показує необхідність використання домішок для покращення реології такого шлікеру. Основними характеристиками водних керамічних шлікерів є густина, вологість, текучість, в'язкість, коефіцієнт загусності, швидкість набору маси. Шлікер має задовольняти наступним вимогам: бути вільним від піни і газових включень, мати задовільну текучість за умови невисокої в'язкості; бути агрегативно-стійким (характеризується відсутністю агрегування, коагулювання та осідання часток твердої фази); володіти високою фільтруючою здатністю для забезпечення швидкого і бездефектного набору маси; бути хімічно інертним, забезпечувати достатню міцність і низьку усадку напівфабрикатів, а також можливість їх легкого вивільнення з форми. Тому вибір розріджуючих та адгезійних добавок сприятимуть зменшенню вологості шлікеру при збереженні високої текучості, та зміцнення відливки.

**Ключові слова:** непластичні шлікери, безглинисті шлікери, реологія шлікерів, радіопрозора кераміка, цельзіан, вілеміт.

**Вступ.** Зростання швидкості і маневреності літальних апаратів (ЛА), а також збільшення дальності ураження цілей вимагають підвищення ефективності захисту зовнішнього антенного обладнання та поліпшення функціональних характеристик обтічників [1]. Придатні для їх виготовлення радіопрозорі матеріали (РПМ) мають відповідати вимогам щодо сталості діелектричних характеристик в широкому діапазоні робочих температур, що забезпечує мінімальне спотворення електромагнітного поля в заданому діапазоні робочих частот, а також стійкістю до теплових та аеродинамічних навантажень, ерозійною стійкістю до пилових потоків, снігових та дощових впливів [2]. Тому до матеріалів, з яких виготовляються обтічники, висуваються вкрай жорсткі вимоги: діапазон робочих температур від  $-60$  °С до  $+1500$  °С, тривалість дії максимальної робочої температури не менше 5 хв, межа міцності при вигині  $\sigma_{\text{г}} \geq 150$  МПа, діелектрична проникність  $\epsilon = 1-10$ , тангенс кута діелектричних втрат  $\text{tg} \delta \leq 0,01$ , ТКЛР  $\leq 5,0 \cdot 10^{-6}$  град $^{-1}$ , теплопровідність  $\lambda \leq 3,0$  Вт/(м·°С), ступінь спікання за водопоглинанням  $W \leq 1$  %, а головне – прозорість в радіочастотному діапазоні (коефіцієнт відбиття радіохвиль  $K \leq 1$  %). Вказані вимоги до функціональних властивостей РПМ, зокрема їх радіофізичних характеристик виключають можливість використання для виготовлення обтічників більшості конструкційних матеріалів, зокрема металів і склопластиків [3].

Аналіз літературних даних [4, 5] показав, що сполуки вілеміту і цельзіану за комплексом властивостей задовольняють вимоги до РПМ за показниками електрофізичних властивостей ( $\epsilon = 5,5 \div 7,0$ ;  $\text{tg} \delta = (1,0 \div 2,0) \cdot 10^{-4}$ ), характеризуються високою температурою плавлення ( $1512$  °С і  $1740$  °С відповідно) і відносно низьким тепловим розширенням (ТКЛР  $3,2 \cdot 10^{-6}$  1/К і  $2,7 \cdot 10^{-6}$  1/К відповідно), що створює передумови для отримання жаростійких і термостійких радіопрозорих керамічних матеріалів на їх основі. Наявність комплексу таких властивостей вказує на переваги цих фаз у порівнянні з кварцом, сподуменом, евкспитом і кордієритом, які складають основу існуючих

радіопрозорих ситалів і керамічних матеріалів

Специфіка технології виготовлення обтічників полягає в тому, що метод формоутворення має реалізувати їх конструктивні особливості та специфічні вимоги до функціональних характеристик і умов експлуатації, а також враховувати технологічність матеріалів з яких виготовляють тонкостінні вироби складної конфігурації [6].

**Мета і задачі дослідження.** Розробка рецептурно-технологічних параметрів для отримання радіопрозорих керамічних матеріалів вілеміт-цельзіанового складу з стабільною реологією.

Задачі досліджень включали:

1) обґрунтування складу базової оксидної композиції системи BaO–ZnO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>, використання якої забезпечить одночасний синтез цільових фаз (Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> і BaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>), та розробку складу сировинної суміші;

2) обґрунтування способу формоутворення при виготовленні обтічників та визначення шляхів оптимізації технологічних параметрів формування;

3) визначення оптимальних параметрів формування з урахуванням комплексу властивостей технологічної суміші з використанням повнофакторного експерименту

**Об'єкт дослідження** – вплив адгезуючих та розріджуючих добавок на реологію непластичних шлікерів для виробництва радіопрозорих керамічних матеріалів цельзіан-вілемітового складу.

**Предмет дослідження** – дослідження реологічних властивостей непластичних шлікерів, які використовують у виробництві керамічних обтічників та визначення оптимальних технологічних параметрів формування напівфабрикатів.

**Обґрунтування вибору методу формування обтічників.** Вибір методу формування обтічників ґрунтується на аналізі переваг та недоліків кожного з них з урахуванням технологічності та економічності доцільності.

© Білогубкіна К.В., Федоренко О.Ю., Кривобок Р.В., Захаров А.В., 2021

Так, для формування головних обтічників можуть бути застосовані методи гарячого лиття з термопластичних суспензій і термопластичного пресування з використанням тимчасової зв'язки. Перевагою даного методу є зменшення усадки при випалі і висока міцність напівфабрикату в сухому стані, що дозволяє здійснювати механічну обробку напівфабрикатів до їх випалу. Втім цей метод знаходиться в стадії лабораторних досліджень і вимагає промислового відпрацювання.

Для електрофоретичного формування використовують висококонцентровані суспензії, що дозволяє отримувати високу густину відливок ніж при звичайному шлікерному литті. Використання методу електрофорезу значно прискорює процес формування при невеликій товщині відливки (до 10 мм), тоді як для товстостінних виробів цей метод не є ефективним. Недоліком цього способу є неможливість формування великогабаритних складно-профільних виробів, оскільки при електрофоретичному формуванні відбувається досить швидкий набір маси на анод (сердечник). При цьому з набраного шару маси в бік катоду відбувається інтенсивне відведення води; відливка, втрачаючи вологу дає усадку, що призводить до утворення тріщин на зовнішній поверхні напівфабрикату. Збільшення щільності струму призводить до виникнення ефекту тиксотропії, результатом якої також є брак відливки. Крім того, при формуванні великогабаритних виробів надзвичайно важко забезпечити рівномірний розподіл вологи в формі, а отже її рівномірну електропровідність. Як наслідок відбувається нерівномірний набір шару маси, а утворена відливка з стінками різної товщини відбраковується [7].

Найбільш технологічним і відносно простим в реалізації методом формування тонкостінних оболонок обтічника є лиття з водних шлікерів, яке відбувається шляхом набору маси на поверхні гіпсової форми. Розрізняють вільне лиття з шлікерів та лиття під тиском. Відливання напівфабрикатів під тиском дозволяє отримати строго визначену товщину, однакову для всіх частин напівфабрикату, що усуває появу дефектів. Отриманий напівфабрикат має щільну упаковку частинок дисперсної твердої фази, а отже високу міцність при згині. Формування литтям під тиском здійснюють з шлікерів з густиною  $\rho = 1860\text{--}1920 \text{ кг/м}^3$ . Слід зазначити, що метод лиття під тиском з водних шлікерів прийнятний тільки для формування лише рівних за товщиною тонкостінних оболонок [8].

Механізм утворення відливки полягає в наступному. Рідка фаза шлікеру під дією капілярних сил проникає в пори форми, переносячи тверду фазу, яка відкладається на стінках форми, утворюючи відливку). Рушійною силою процесу на даному етапі є різниця вологості гіпсової форми і суспензії (шлікеру). Утворений щільний шар матеріалу має малу вологопровідність і уповільнює процес набору маси: зі збільшенням товщини шару маси до 60 мм процесу майже припиняється [9].

Якість відливки багато в чому залежить від того, наскільки точно технологічні параметри шлікерного лиття відповідають властивостям шлікеру, які залежать

від складу технологічної суміші. З цієї причини ключовою проблемою технології є оптимізація технологічних параметрів в кожному конкретному випадку виробництва. Тому дослідження реологічних властивостей непластичних шлікерів, які використовують у виробництві керамічних обтічників та визначення оптимальних технологічних параметрів формування напівфабрикатів є важливою технологічною задачею.

До основних характеристик водних керамічних шлікерів відносять густину, вологість, текучість, в'язкість, коефіцієнт загусності, швидкість набору маси. Шлікер має задовольняти наступним вимогам: бути вільним від піни і газових включень, мати задовільну текучість за умови невисокої в'язкості; бути агрегативно стійким (характеризується відсутністю агрегування, коагулювання та осідання часток твердої фази); володіти високою фільтруючою здатністю для забезпечення швидкого і бездефектного набору маси; бути хімічно інертним, забезпечувати достатню міцність і низьку усадку напівфабрикатів, а також можливість їх легкого вивільнення з форми [7]. Велике значення для отримання стабільних реологічних властивостей безглинистих шлікерів та оптимізації процесу лиття мають наступні фактори: ступінь чистоти матеріалу (відсутність сторонніх іонів в суспензії), умови підготовки матеріалу (попередня термічна обробка, спосіб і ступінь подрібнення), наявність або відсутність вакуумування шлікеру і тривалість його зберігання; вибір розріджувачів добавок для зменшення вологості шлікеру при збереженні високої текучості, вибір адгезійних добавок, які зміцнюють відливку.

Зазвичай при використанні шлікерного лиття в технології традиційних видів тонкої кераміки для поліпшення реології шлікерів та зниження їх вологості на стадії мокрої помелу сировинної суміші додають електроліти-розріджувачі та поверхнево-активні речовини (ПАР). Використання електролітів, типових для глиновмісних шлікерів, не дає бажаного результату при формуванні напівфабрикатів з непластичних шлікерів. Слід також зазначити, що введення розріджувачів неорганічної природи вносить свої корективи у перебіг процесів формування фазового складу радіопрозорих керамічних матеріалів, що може негативно позначитись на їх властивостях.

Незважаючи на значний прогрес в області регулювання властивостей керамічних суспензій при введенні ПАР, відомості щодо умов їх використання вельми обмежені, а для визначення механізмів їх дії необхідні подальші дослідження. Крім того, ПАР, які застосовують в керамічному виробництві, надані досить вузьким спектром.

Багато питань стосується стійкості дисперсних систем (відсутності їх розшарування під час тривалого зберігання), впливу складу часток твердої фази на реологічні властивості (рН, текучість, загусність, швидкість набору маси тощо). Наявні в науковій літературі відомості з цих питань частіше всього обмежуються певними складами мас та дослідженими ПАР та нерідко носять суперечливий характер [9]. Це

можна пояснити тим, що найчастіше досліджуються складні полімінеральні дисперсії, а властивості розчинів поліелектролітів і ПАР, пов'язані зі станом їх макромолекул у розчині, надзвичайно нестабільні і змінюються з концентрацією добавок і ступенем іонізації функціональних груп. У зв'язку з цим не завжди вдається однозначно інтерпретувати результати дослідження систем, що об'єднують властивості складних як у хімічному, так і у фазовому відношенні складових керамічних шлікерів та багатофункціональних поліелектролітів і ПАР, що і викликає необхідність їх подальшого вивчення.

Ефективність стабілізації і розрідження безглинистих шлікерів визначається перш за все величиною створюваного  $\xi$ -потенціалу. Найбільш поширеним методом розрідження таких суспензій є регулювання значення їх водневого показника рН. Зміни  $\xi$ -потенціалу і в'язкості в окремих інтервалах рН визначаються адсорбційним зарядом частинок, стисненням або розширенням подвійного електричного шару.

На основі аналізу рекомендацій щодо їх використання розріджувачів виробництва компанії Zschimmer & Schwarz [10] для подальших досліджень, спрямованих на оптимізацію реологічних параметрів шлікеру вілеміт-цельзіанової кераміки, обраний препарат Dolapix PC 67. Цей препарат, який за складом є натрієвою сіллю полікарбонатової кислоти, дає можливість приготування шлікерів з високою концентрацією твердої фази, має широкий інтервал дефлокуляції, протидіє тиксотропії та не піниться, що також важливо. Оскільки продукт є рідким і повністю дисоціює у водному розчині, ефект дефлокуляції починається одразу після додавання до шлікеру. Отже, добавка Dolapix PC 67 дає можливість в будь-який час регулювати в'язкість шлікеру безпосередньо на лінії лиття. Дефлокуляційний ефект

Dolapix PC 67 є результатом, з одного боку, іонного обміну добавки і твердих часточок шлікеру та вплив на їх подвійний електричний шар. З іншого боку, полімерні ланцюги прикріплюються до мінеральних часточок і тим самим здійснюють стеричне відштовхування. Це сприяє стабілізації суспензії, оскільки тверді часточки залишаються високодисперсними через відсутність їх агрегування. Рекомендована кількість добавки коливається в межах 0,1 – 0,5% від вмісту твердих речовин у шлікері. Оскільки, вплив добавки на реологію шлікерів залежить від складу твердої частини суспензії, необхідним є експериментальні випробування та визначення оптимальної кількості добавки в кожному конкретному випадку [10].

Для покращення адгезійних властивостей шлікеру використовували полівініловий спирт (ПВС 1788), який є високомолекулярним хімічно інертним полімером, легко розчиняється в воді, володіє плівкоутворюючими властивостями. ПВС є чудовим емульгуючим, адгезійним і плівкоутворювальним полімером, який використовується як адгезійна добавка при виготовленні будівельних сумішей для попередження розтріскування.

**Методика досліджень.** Обґрунтування вибору оксидної композиції для отримання кераміки вілеміт-цельзіанового складу здійснювали на основі аналізу відомостей щодо будови системи  $\text{BaO-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  за даними бази *Material project* [11]. Для розробки сировинних композицій вілеміт-цельзіанової кераміки використовували: глинозем металургійний Г-00, карбонат барію марки «ХЧ», кварцовий пісок Новоселівського родовища (Харківська обл.). Як інтенсифікатор спікання та фазоутворення використовували літій карбонат ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ), добавка якого в перерахунок на  $\text{Li}_2\text{O}$  становила 2 мас. % (понад 100 мас. % на суху речовину). Хімічний склад сировинних матеріалів надано в табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад сировинних матеріалів

Матеріали	Вміст компонентів за хіманалізом, мас.%								
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{ZnO}$	$\text{BaO}$	$\text{Li}_2\text{O}$	в.п.п.
Пісок Новоселівський	99,13	0,39	0,04	0,20	0,04	–	–	–	0,20
Цинкові білила	0,06	–	–	–	–	99,92	–	–	0,02
Карбонат барію	–	–	–	–	–	–	70,19	–	29,81
Глинозем металургійний Г-00	0,03	98,70	0,02	–	–	0,25	–	–	1,00
Карбонат літійу	–	–	–	–	–	–	–	2	1,94

Технологія виготовлення лабораторних зразків обтікачів з радіопрозорої кераміки передбачала наступні етапи: отримання керамічних порошків заданого фазового складу (в даному випадку синтез цільових фаз вілеміту і цельзіану за температури 1200 °С), помел продуктів синтезу в планетарному млині, приготування шлікерів з оптимальними реологічними властивостями, формування напівфабрикатів методом відливання шлікеру в гіпсові форми, сушка напівфабрикатів до залишкової вологості не більше 0,5 % та їх випал за температури 1200 °С для забезпечення необхідного рівня спікання готових виробів. Для визначення фазового складу отриманих керамічних порошків проводили

рентгенофазовий аналіз продуктів синтезу із застосуванням дифрактометра ДРОН-3М з  $\text{CuK}\alpha$ -випромінюванням та нікелевим фільтром при стандартних умовах його роботи.

Дослідження реологічних властивостей керамічного шлікеру проводили на водній суспензії, яка містила 70 мас. % тонкодисперсної твердої фази (керамічний порошок вілеміт-цельзіанового складу). Розріджуючі та адгезуючі добавки вводили до суспензії розчиненими у воді. Ступінь розрідження матеріалу визначали за залежностями текучості шлікеру від концентрації добавки розріджувача Dolapix PC 67:  $\tau_1 = f(C_{\text{Dolapix}})$ . Текучість шлікеру ( $\tau_1$ ) визначали за часом витікання 25 мл суспензії крізь отвір піпетки діаметром

4 мм. Набрана до піпетки суспензія повинна витікати суцільним струменем після відкриття верхнього отвору. Для більш точного визначення параметру проводили 5 паралельних вимірювань, за якими знаходили середнє арифметичне значення текучості.

Вологість керамічних шлікерів з добавками визначали після висушування проби в сушильній шафі (за температури 110 °С до постійної ваги) за формулою

$$W = \frac{m_{\text{шл}} - m_{\text{с.р.}}}{P_{\text{шл}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

де  $m_{\text{шл}}$  – маса шлікеру, г;  $m_{\text{с.р.}}$  – маса сухої речовини після висушування шлікеру, г.

Визначення швидкості набору черепка проводили з використанням гіпсових стрижнів. Перед проведенням експерименту гіпсові стрижні висушували до постійної ваги за температури 70–75 °С. Для визначення швидкості набору черепка стрижень занурювали до мітки в склянку зі шлікером та витримували впродовж 1 хв. Після набору маси на гіпсові стрижні їх висушували до постійної ваги в сушильній шафі та зважували з точністю до 0,01 м. Швидкість набору шлікеру (г/хв) розраховували за вагою маси, яка була набрана за одиницю часу

$$g_{\text{маси}} = g_1 - g_0 \quad (2)$$

де  $g_{\text{маси}}$  – вага сухої маси, набраної на гіпсовий стрижень за 1 хв, г;

$g_1$  – вага сухого стрижня з масою, г;

$g_0$  – вага сухого гіпсового стрижня, г.

Міцність зразків в сухому стані вимірювали на пристрої для визначення міцності при згині, який забезпечує швидкість навантаження в межах 0,05–1,0 Н/с. Для досліджень формували зразки довжиною 60 мм і діаметром 8 мм, які після сушки за температури 110 °С охолоджували в ексікаторі. Перед випробуванням вимірювали діаметр зразка мікрометром з похибкою  $\pm 0,5$  мм. Зразок вміщували на

опорні призми та поступово збільшували навантаження

Таблиця 2 – Вміст компонентів шлікеру з вологістю 30%

Сировинні матеріали	Вміст компонентів, мас. %						
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
Суміш цельзіану та вілеміту у співвідношенні 1:1	70	70	70	70	70	70	70
Полівініловий спирт (ПВС 1788)	0,35	0,58	0,82	1,05	–	–	–
Натрієва сіль полікарбонатової кислоти (Dolarix 3С 67)	–	–	–	–	0,2	0,3	0,4

\* Серія Р – шлікери з добавкою ПВС 1788; \*\*Серія D – шлікери з добавкою Dolarix PC 67

Вплив розріджувальної добавки Dolarix PC 67 та адгезійної добавки ПВС 1788 добавок на текучість, набір черепка та міцність відливки проілюстровано у вигляді графічних залежностей (рис. 1).

Як видно з рис. 1а, при введенні ПВС 1788 в межах дослідних концентрацій підвищується міцність при згинанні відливок у висушеному стані.

до моменту, коли відбувалось руйнування зразка. Межу міцності при згинанні зразків в сухому стані обчислювали за формулою

$$\sigma_{\text{зе}} = \frac{7,64 \cdot P}{d^3} \quad (3)$$

де P – руйнівне навантаження, г;

d – діаметр зразка, мм.

Для випалених зразків методом гідростатичного зважування визначали характеристики спікання (уявну густину  $\rho$ , водопоглинання W, загальну пористість  $P_3$ ), а також основні властивості, що обумовлюють функціональність матеріалів: діелектричні характеристики ( $\epsilon$ , tg $\delta$ ), межу міцності на стиск  $\sigma_{\text{ст}}$ , та мікротвердість (HRA, HV). Вимірювання діелектричних втрат матеріалів проводили на автоматизованому приладі «Тангенс-3М» при діапазоні робочих напружень до 270 В у інтервалі частот 48–62 Гц. Твердість зразків кераміки визначали за методом Rockwell (за глибиною проникнення в матеріал алмазної пірамідки за умови плавного навантаження від 1 МПа).

**Експериментальна частина.** Відповідно до задач досліджень в якості базової обрано оксидну композицію системи BaO–ZnO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>, склад якої (в мас. %: BaO – 15,91; ZnO – 36,52; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 15,65; SiO<sub>2</sub> – 31,92) відповідає заданому співвідношенню цільових фаз (BaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> : Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> = 1:1) з урахуванням стехіометричного складу сполук. Розроблений склад базової сировинної композиції характеризується наступним вмістом компонентів, мас. %: пісок новоселівський – 30,05; цинкові білила – 34,11; карбонат барію – 21,16; глинозем металургійний Г-00 – 13,67; Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 8,41 (понад 100 % на суху речовину).

Дослідження технологічних параметрів шлікерів, які містили розріджувальні та адгезувальні добавки проводили за умов, узагальнених в табл. 2. При цьому вологість досліджених суспензій, що містили добавки становила 30 %.

Найбільшою міцністю характеризуються зразки P<sub>4</sub> та P<sub>3</sub> (7,22 МПа та 6,12 МПа відповідно), що містять понад 0,8 мас. % ПВС. Це є позитивним технологічним фактором з точки зору транспортування відливок та можливостей їх механічної обробки. Однак введення адгезуючої добавки призводить до погіршення текучості шлікеру.



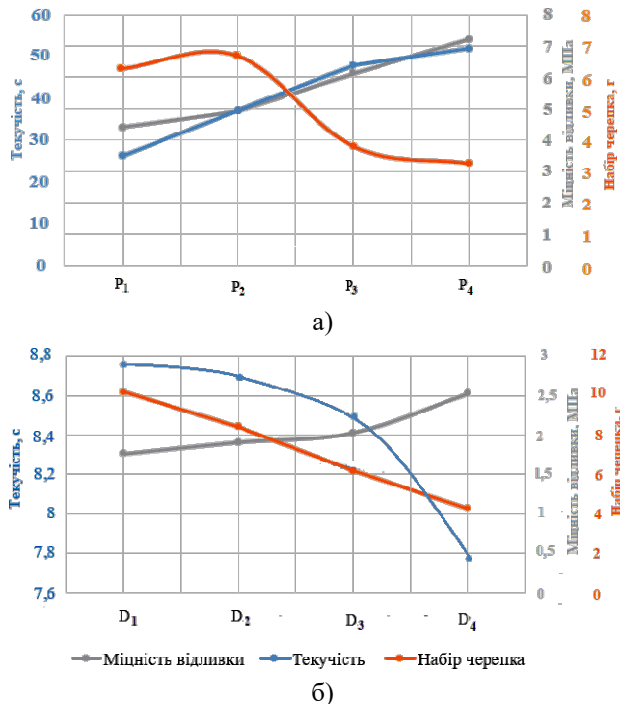


Рис. 1 – Вплив добавок на властивості шлікеру та міцність відливки: а) адгезійна добавка ПВС 1788; б) розріджувальна добавка Dolapix PC 67

Натомість при додаванні до шлікеру 0,2 мас. % розріджувача Dolapix PC 67 спостерігається поліпшення текучості шлікерів: у порівнянні з

еталонним шлікером D<sub>0</sub> час витікання 25 см<sup>3</sup> суспензії D<sub>1</sub> крізь отвір піпетки зменшився на 10 с. При подальшому збільшенні концентрації розріджувальної добавки з 0,2 мас. % до 0,6 мас. % (понад 100 % на суху речовину) змінюється несуттєво (час витікання шлікеру зменшується на 1 с). При цьому трохи збільшується міцність сухої виливки (з 1,76 МПа до 2,53 МПа), проте спостерігається погіршення набору маси. Тому, введення Dolapix PC 67 більше за 0,4 мас. % не є доцільним. Враховуючи отримані дані, в подальшому досліджували можливість комбінування розріджувальної та адгезувальної добавок, що дозволить оптимізувати технологічні параметри шлікерного лиття вілеміт-цельзіанової кераміки.

Визначення складу оптимальної комплексної добавки здійснювали з використанням повного факторного експерименту ПФЕ 2<sup>2</sup>. Як фактори варіювання досліджували вміст добавок ПВС 1788 та Dolapix PC 67, вплив яких на властивості шлікеру був досліджений на попередньому етапі. Вміст адгезувальної та розріджувальної добавок, варіювали в межах концентрацій, зазначених в табл. 3. Представлені дослідження проводили для шлікерів з вологістю 30 %.

Результати досліджень одночасного впливу адгезувальної та розріджувальної добавок ілюструють діаграми залежностей текучості шлікеру, швидкості набору маси та міцності відливок у сухому стані від їх концентрації (рис. 2 та рис. 3).

Таблиця 3 – Матриця планування та натуральний план експерименту ПФЕ 2<sup>2</sup>

№ досліду	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Полівініловий спирт (ПВС 1788)	Натрієва сіль полікарбонатової кислоти (Dolapix PC 67)
1	+ 1	+ 1	1,05	0,42
2	- 1	+ 1	0,35	0,42
3	+ 1	- 1	1,05	0,14
4	- 1	- 1	0,35	0,14
Контрольна точка			1,05	0,28

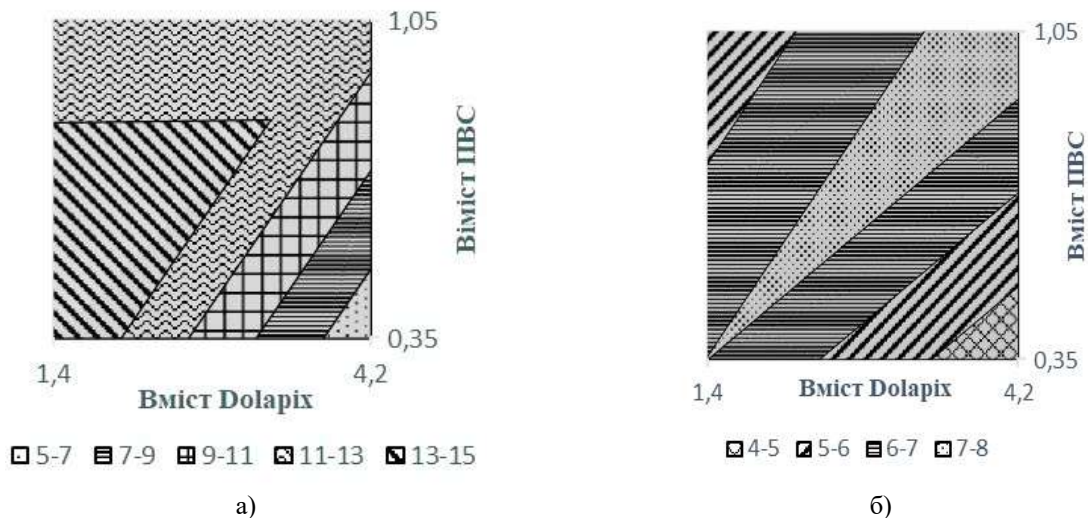


Рис. 2 – Вплив добавок на властивості шлікеру та відливки: а) текучість шлікеру, с; б) швидкість набору маси, г/хв;

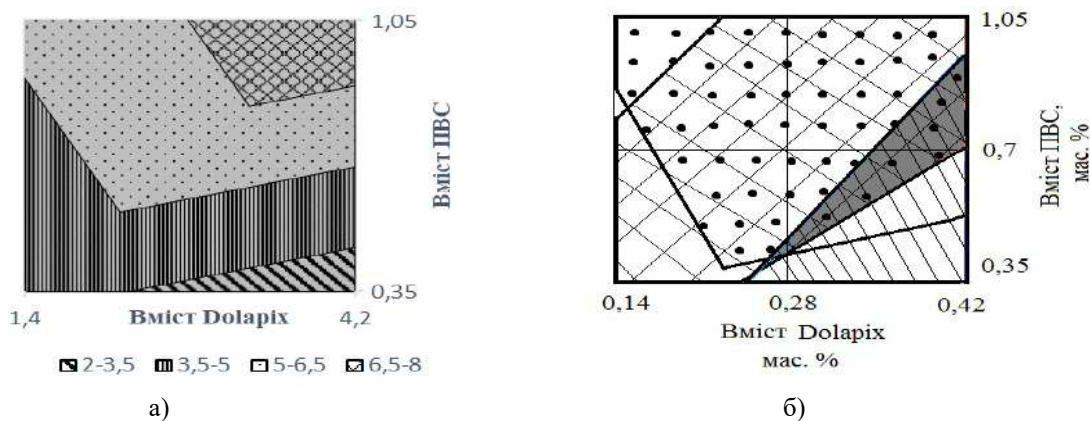


Рис. 3 – Вплив добавок на властивості шлікеру та відливки: а) міцність відливки при згинанні, МПа;

б) швидкість набору маси 6-8 г/хв; міцність відливки при згині, 5-8 МПа  
 текучість шлікеру 5-11 с; область оптимальних концентрацій добавок

З використанням отриманих залежностей визначено області концентрацій добавок, що за умови їх одночасної присутності забезпечують необхідний рівень властивостей шлікеру (рис 2а, 2б, 3а), які визначають технологічність формування тонкостінних оболонок обтічників з вілеміт-цельзіанової кераміки з водних шлікерів: текучість –  $5 \div 11$  с; швидкість набору маси –  $6 \div 8$  г/хв., а також достатню міцність відливки після сушки  $5 \div 8$  МПа.

Аналіз результатів проведеного експерименту дозволив визначити область оптимальних концентрацій складових комплексної добавки, яка дозволяє виготовляти шлікер високої текучості з задовільними фільтраційними властивостями та отримати відливки високої міцності (рис. 3б). З урахуванням отриманих даних, а також міркувань економічної доцільності визнано наступний оптимальний вміст розріджувальної та адгезійної складових комплексної добавки:

- Dolapix PC 67 – 0,38 мас. % (понад 100 на суху речовину – СР);

- ПВС 1788 – 0,7 мас. % (понад 100 % на СР).

Шлікер, модифікований розробленою комплексною добавкою характеризується текучістю ( $\tau_1 = 9 \div 11$  с), задовільною швидкістю набору маси ( $6 \div 7$  г/хв) та забезпечує підвищену міцність відливки в сухому стані ( $5 \div 6,5$  МПа).

**Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.** В результаті проведених досліджень визначено вплив розріджувачої (Dolapix PC 67) та адгезійної (ПВС 1788) добавок на технологічні властивості непластичного шлікеру вілеміт-цельзіанового складу. Дослідження впливу розріджувачої добавки Dolapix PC 67 та адгезуючої добавки ПВС 1788 на властивості керамічного шлікеру та міцність відливки показали, що їх окреме використання не є доцільним.

Встановлено, що з використанням адгезуючої добавки дозволяє збільшити міцність відливки до 7,22 МПа, однак при цьому шлікер втрачає текучість.

Натомість використання лише розріджувальної добавки покращує показник текучості шлікеру, однак не забезпечує необхідної міцності відливки в сухому стані. Визначено оптимальний склад комплексної добавки (0,38 мас. % Dolapix PC67 та 0,7 мас. % ПВС 1788 понад 100 % на суху речовину), яка забезпечує отримання шлікеру з високою текучістю ( $\tau_1 = 9 \div 11$  с) і достатньою швидкістю набору маси ( $6 \div 7$  г/хв), який здатний утворювати відливку з підвищеною міцністю на згин ( $5 \div 6,5$  МПа). Використання цієї добавки забезпечує технологічність процесу шлікерного лиття виробів складної конфігурації (головних обтікачів) при використанні вілеміт-цельзіанової кераміки

### Список літератури

- Ivashenko, Ju.A., Varrik, N.M., & Maksimov, V.G. (2016). Vysokotemperaturnye radioprozrachnye keramicheskie kompozicionnye materialy dlja obtekatelej antenn i drugih izdelij aviacionnoj tehniky (obzor). *Trudy VIAM*, 5 (41), 36–43. <http://viam-works.ru/plugins/content/journal/ploads/articles/pdf/957>
- Gnesin, G. G., & Skorohod, V. V. (Eds.) (2008). Radioprozrachnye materialy. Neorganicheskoe materialovedenie: Jencikloped. izd. V 2-h t., 2 (2), K.: Nauk. dumka, 204–210.
- Suzdal'cev, E.I. (2014). Keramicheskie radioprozrachnye materialy: vchera, segodnja, zavtra. *Tehnologija*, 10, 5–18. <https://newogneup.elpub.ru/jour/article/view/560/565>
- Inorganic Material Database AtomWork. National Institute for Materials Science (NIMS). URL: <http://crystdb.nims.go.jp>
- Sebastian M.T. Low loss dielectric ceramic materials and their properties / M.T. Sebastian, R. Ubic, H. Jantunen // *International Materials Reviews*. 2015. Vol. 60. Iss. 7, pp. 392–412.
- Zaichuk A.V., Amelina A.A., Karasik Y.V. et al (2019). Radiotransparent ceramic materials of spodumene-cordierite composition. *Functional materials*. № 26 (1), pp. 174–181.
- Lisachuk G.V., Kryvobok R.V., Dajneko K.B. et al. (2017) Optimization of the compositions area of radiotransparent ceramic in the SrO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> system. *Przeglad Elektrotechniczny*. № 93 (3), pp. 79–82.
- Lisachuk G.V., Kryvobok R.V., Zakharov A.V. et al. (2017) Development of new compositions of ceramic masses in SrO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> system. *Functional Materials*. № 24(1), pp. 162–167.
- Lisachuk G., Kryvobok R., Zakharov A. et al. (2017). Influence of complex activators of sintering on creating radiotransparent ceramics in SrO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 1 (6–85), pp. 10–15.

10. Lisachuk G.V., Kryvobok R.V., Fedorenko O.Yu., Zakharov A.V. (2015). Ceramic radiotransparent materials on the basis of BaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> and SrO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> systems *Épitöanyag – J. of Silicate Based and Composite Materials*. № 67(1), pp. 20–23.
11. База даних Material project [Електронний ресурс].– <https://materialsproject.org/#apps/phasediagram>

#### References (transliterated)

1. Ivakhnenko, Yu.A., Varrick, NM, & Maksimov, VG (2016). High-temperature radio-transparent ceramic composite materials for antenna fairings and other aviation equipment (review). *Trudy VIAM*, 5 (41), 6–43. <http://viamworks.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/957>
2. Gnesin, G.G., & Skorohod, V.V. (Eds.) (2008). Radioprozrachnye materials. *Inorganic materials science: Encyclopedia*. ed. Is., 2 (2), K.: Nauk. opinion, 204–210.
3. Suzdal'cev, E.I. (2014). Keramicheskie radioprozrachnye materials: yesterday, today, tomorrow. *Technology*, 10, pp. 5–18. <https://newogneup.elpub.ru/jour/article/view/560/565>
4. Inorganic Material Database AtomWork. National Institute for Materials Science (NIMS). URL: <http://crystdb.nims.go.jp>
5. Sebastian M.T. Low loss dielectric ceramic materials and their properties/M.T. Sebastian, R. Ubc, H. Jantunen // *International Materials Reviews*. 2015. Vol. 60. Iss.7, pp. 392–412.
6. Zaichuk AV, Amelina AA, Karasik YV et al (2019). Radio-transparent ceramic materials of spodumene-cordierite composition. *Functional materials*. № 26 (1). pp. 174–181.
7. Lisachuk GV, Kryvobok RV, Daineko KB et al. (2017) Optimization of the compositions area of radiotransparent ceramic in the SrO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> system. *Electrical inspection*. № 93 (3), pp. 79–82.
8. Lisachuk GV, Kryvobok RV, Zakharov AV et al. (2017) Development of new compositions of ceramic masses in SrO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> system. *Functional Materials*. № 24(1) pp. 162–167.
9. Lisachuk G., Kryvobok R., Zakharov A. et al. (2017). Influence of complex activators of sintering on creating radiotransparent ceramics in SrO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 1(6–85), pp. 10–15.
10. Lisachuk GV, Kryvobok RV, Fedorenko OY, Zakharov AV (2015). Ceramic radiotransparent materials on the basis of BaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> and SrO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> systems *Épitöanyag – J. of Silicate Based and Composite Materials*. № 67(1), pp. 20–23.
11. Database Material project [Electronic resource]. <https://materialsproject.org/#apps/phasediagram>

Надійшла (received) 19.11.2021

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Білогубкіна Карина Володимирівна (Белогубкина Карина Владимировна, Bilohubkina Karina)** – аспірант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4200-7019>; e-mail: kari.rindel@gmail.com

**Федоренко Олена Юрївна (Федоренко Елена Юрьевна, Fedorenko Olena Yuriiivna)** – професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0831-3485> e-mail: fedorenko\_e@ukr.net

**Кривобок Руслан Вікторович (Кривобок Руслан Викторович, Kryvobok Ruslan Viktorovich)** – заст. завідувача НДЧ, доцент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2334-4434> e-mail: krivobok\_ruslan@ukr.net

**Захаров Артем Вячеславович (Захаров Артем Вячеславович, Zakharov Artem Viacheslavovich)** – заст. завідувача НДЧ, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0120-8263> e-mail: zakharovartem106@gmail.com

#### **К.В. БЕЛОГУБКИНА, Е.Ю. ФЕДОРЕНКО, Р.В. КРИВОБОК, А.В. ЗАХАРОВ РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОБТЕКАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ШЛИКЕРНОГО ЛИТИЯ**

В материалах статьи рассматривается эффективность применения добавок для стабилизации и разжижения безглинистых шликеров. Для производства радиопрозрачных керамических материалов цельзиан-виллемитового состава наиболее эффективным и энергосберегающим методом производства является метод шликерного литья. Согласно шихтовому составу данная технология усложняется отсутствием глинистых составляющих, что показывает необходимость использования примесей для улучшения реологии такого шликера. Основными характеристиками водных керамических шликеров являются густота, влажность, текучесть, вязкость, коэффициент загустительности, скорость набора массы. Шликер должен удовлетворять следующим требованиям: быть свободным от пены и газовых включений, иметь удовлетворительную текучесть при невысокой вязкости; быть агрегативно устойчивым (характеризуется отсутствием агрегирования, коагулирования и оседания частиц твердой фазы); обладать высокой фильтрующей способностью для обеспечения быстрого и бездефектного набора массы; быть химически инертным, обеспечивать достаточную прочность и низкую усадку полуфабрикатов, а также возможность их легкого высвобождения из формы. Поэтому выбор разбавляющих и адгезионных добавок будут способствовать уменьшению влажности шликера при сохранении высокой текучести и укреплению отливки.

**Ключевые слова:** шликерное литье, непластические безглинистые шликеры, реологические свойства шликеров, радиопрозрачная керамика, цельзиан, виллемит.

#### **К. V. BILOHUBKINA, E. Yu. FEDORENKO, R. V. KRIVOBOK, A. B. ZAKHAROV DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR THE FORMATION OF FASTS BY THE SLIDING CASTING METHOD**

The materials of the article consider the effectiveness of additives for stabilization and dilution of clay-free slippers. For the production of radio-transparent ceramic materials of Celsius-Willemite composition, the most efficient and energy-saving method of production is the method of slip casting. According to the charge composition, this technology is complicated by the lack of clay components, which shows the need to use impurities to improve the rheology of such a slip. The main characteristics of aqueous ceramic slippers are density, humidity, fluidity, viscosity, density factor, rate of mass accumulation. The slip must meet the following requirements: be free from foam and gas inclusions, have satisfactory fluidity under low viscosity; be aggregatively stable (characterized by the absence of aggregation, coagulation and sedimentation of solid phase particles); have a high filtering capacity to ensure fast and defect-free weight gain; to be chemically inert, to provide sufficient strength and low shrinkage of semi-finished products, as well as the possibility of their easy release from the mold.

**Key words:** slip casting, non-plastic clay-free slippers, rheological properties of slippers, radiopaque ceramics, Celsius, Willemite.

**О. С. КРАВЧЕНКО**

## **ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ШИФРУВАННЯ ТА ВБУДОВУВАННЯ ДАНИХ В РАСТРОВІ ЗОБРАЖЕННЯ, ЩО Є СТІЙКИМ ДО СТИСНЕННЯ JPEG**

Об'єктом дослідження представленої статті є стеганографічні методи організації прихованого каналу зв'язку в каналі загального користування, що забезпечують стійкість до стиснення з втратами. Мета роботи – розробка алгоритму вбудовування даних в растрові зображення, стійкого до JPEG стиснення та атак на контейнер. У роботі досліджено особливості роботи алгоритму JPEG, проаналізовано стеганографічні методи захисту інформації та побудовано стеганографічний алгоритм, стійкий до JPEG стиснення та атак на контейнер. Додаткову надійність забезпечують поліалфавітний шифр підстановки і користувацький секретний ключ, що використовуються для шифрування вихідного повідомлення. Алгоритм було розроблено за допомогою мови програмування Python 3, бібліотек NumPy, SciPy, Matplotlib та пакету Jupyter Lab. Задачу було виконано за допомогою стандартних математичних та статистичних методів та засобів високорівневої мови програмування Python 3.

**Ключові слова:** стеганографія, криптографія, JPEG алгоритм, стійкість стеганографічного контейнера, вбудовування даних в растрові зображення, стегоаналіз.

### **Вступ.**

Цифрові пристрої та Інтернет використовують у різновидах промислових підприємств, приватної і державної форм власності з метою скорочення трудових ресурсів і підвищення ефективності роботи, а також для обміну інформацією. У зв'язку з цим є актуальним питання захисту цифрової інформації, що передається. Наприклад, відправник зашифрує інформацію на своєму боці і передає одержувачу, який розшифрує її за допомогою ключа, яким сторони попередньо обмінялися і також існують методи захищеного обміну ключами через відкритий канал зв'язку. Однак, у такого підходу є один істотний недолік – зашифровані дані виглядають як безладний набір символів, чим залучають потенційну увагу зацікавлених осіб, чия мета може стати їх розшифрування. Таким чином, технології шифрування не вирішують проблему захищеної передачі конфіденційної інформації повністю. Необхідний метод, що дозволяє передавати дані під виглядом інших даних і тим самим не привертає увагу до повідомлення – наука стеганографія. Методи стеганографії не тільки дозволяють приховано зберігати і передавати інформацію, але і дуже успішно допомагають вирішити питання захисту інформації від несанкціонованого копіювання, відстеження поширення інформації в мережі загального користування, пошуку даних в мультимедійних базах даних і т.д..[1]

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Метою даного дослідження є розробка алгоритму шифрування та вбудовування даних в растрові зображення, стійкого до JPEG стиснення. Розвиток Інтернет-технологій і сучасна інформаційна ера визначили нові стандарти життя, тепер промислові та економічні, приватні і державні підприємства активно використовують Інтернет для обміну інформацією. У зв'язку з цим є актуальним питання захисту цифрової інформації, що передається. Існує різноманітність криптографічних методів для захищеного обміну інформацією,

умовою яких є шифрування всіх даних, що проходять через канал зв'язку. Однак, у такого підходу є один істотний недолік – зашифровані дані виглядають як безладний набір символів, чим залучають потенційну увагу зацікавлених осіб, чия мета може стати їх розшифрування. Таким чином, технології шифрування не вирішують проблему захищеної передачі конфіденційної інформації повністю. Необхідний метод, що дозволяє передавати дані під виглядом інших даних і тим самим не привертає увагу до повідомлення, одночасно підтримуючи шифрування.

Стеганографування може здійснюватися різними способами, спільною рисою яких є те, що конфіденційна інформація вбудовується в деякий контейнер, що не привертає уваги. Результатом вбудовування є стеганоповідомлення, яке передається по каналу зв'язку або зберігається в отриманому вигляді.

У даній роботі в якості контейнера розглядаються растрові зображення, як один з найбільш популярних типів мультимедійних файлів, що передаються через Інтернет. Оскільки при передачі через сторонні сервіси зображення часто стискаються з втратами для зменшення трафіку, записана в них інформація може бути знищена. Таким чином, завдання створення алгоритму вбудовування даних в растрові зображення, який був би стійким до стиснення з втратами до певної межі, є актуальною.

Оскільки JPEG стиснення відноситься з стиснення з втратами, при якому певна інформація зображення втрачається, необхідно проаналізувати алгоритм його роботи і визначити, якими методами можна вбудувати інформацію в зображення таким чином, щоб вона не була повністю знищена при стисненні. Під аналізом мається на увазі детальне вивчення схеми роботи алгоритму і обчислення тих областей зображення, стиснення до яких застосовується з найменшими втратами.

© Кравченко О.С., 2021



Відповідно до технічного завдання встановлені наступні задачі (табл. 1). [2]

Таблиця 1 – Складові дослідження за темою проекту

№	ЗМІСТ
1	ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ
2	ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ: Сучасні методи стеганографії і їх використання; Аналіз роботи алгоритму JPEG
3	РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ: Аналіз частотних методів цифрового маркування; Проектування частотного стеганографічного алгоритму; Використання принципу математичного залишку для підвищення стійкості алгоритму
4	ПІДТРИМКА ШИФРУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ: Огляд криптографічних методів шифрування; Використання поліалфавітного шифру підстановки
5	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ І СТІЙКОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО АЛГОРИТМА: Аналіз стійкості алгоритму до стиснення JPEG; Аналіз стійкості алгоритму до дешифрування
6	ВИСНОВКИ

### ПРИНЦИП РОБОТИ JPEG СТИСНЕННЯ.

Алгоритм JPEG є одним з найпопулярніших на сьогоднішній день методів стиснення зображень при обміні ними в мережі Інтернет. Його можна розділити на кілька етапів:

#### 1. Дискретизація.

На цьому кроці дані пікселів перетворюються з кольорового простору RGB в кольорний простір YCbCr і виконується субдискретизація. Компонента Y являє собою інтенсивність, а U і V – кольоровість.

#### 2. Дискретне косинусне перетворення.

Далі зображення JPEG стискаються в блоки 8x8 пікселів, які називаються одиницями даних. Дискретне косинусне перетворення перетворює одиниці даних в суму косинусних функцій.

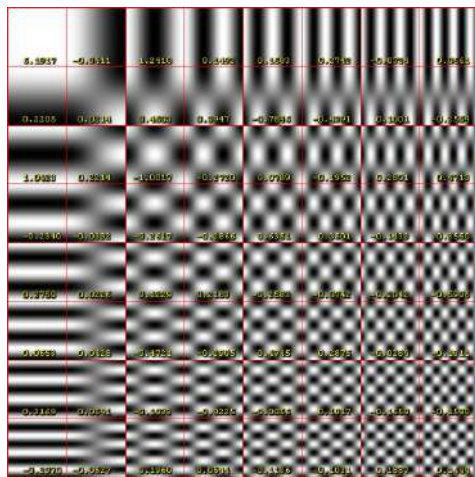


Рис. 1 – Зразок матриці частотних коефіцієнтів DCT

Графічне зображення можна розглядати як сукупність просторових хвиль, причому осі X і Y збігаються з шириною і висотою картинки, а по осі Z відкладається значення кольору відповідного пікселя зображення. Дискретне косинусне перетворення дозволяє переходити від просторового уявлення картини до її спектрального подання і назад. Впливаючи на спектральне подання картини, що складається з «гармонік», тобто, відкидаючи

найменш значущі з них, можна балансувати між якістю відтворення і ступенем стиснення. У отриманій матриці коефіцієнтів низькочастотні компоненти розташовані ближче до лівого верхнього кута, а високочастотні – справа і знизу (рис. 1). Це важливо тому, що більшість графічних образів на екрані комп'ютера складається з низькочастотної інформації. Високочастотні компоненти не так важливі для передачі зображення.

Таким чином, дискретне косинусне перетворення дозволяє визначити, яку частину інформації можна безболісно викинути, не вносячи серйозних спотворень в картинку.

#### 3. Квантування.

Після розрахунку ДКП наступний крок включає пошук і відкидання коефіцієнтів, внесок яких у формування зображення мінімальний. Для вирішення цього завдання стандарт JPEG визначає простий механізм іменованій квантуванням. Щоб виконати квантування коефіцієнтів ДКП, необхідно розділити їх на конкретне значення (коефіцієнт квантування) і округлити результат до найближчого цілого числа. Чим більше коефіцієнт квантування, тим більше даних втрачається, оскільки реальне DCT-значення представляється все менш і менш точно.

Кожна з 64 позицій вихідного блоку ДКП має власний коефіцієнт квантування. Причому терми більшого порядку квантуються з більшим коефіцієнтом, ніж терми меншого порядку.

#### АЛГОРИТМ ВБУДОВУВАННЯ ДАНИХ.

Запропонована технологія основана на методах цифрового маркування, що вбудовують цифровий водяний знак (ЦВЗ) в частотну область зображення, використовуючи ортогональні перетворення для декомпозиції зображення-контейнера і перерозподілу його енергії [1–3]. Але, на відміну від цифрового маркування, де метою є перевірка наявності конкретного ЦВЗ у контейнері, даний метод дозволяє записати та зчитати з зображення дані вільного характеру.

Основне зображення буде перетворено з кольорового простору RGB в кольорний простір YCbCr. Хоча зорова система людини більш чутлива до змін



яскравості, ніж до змін кольоровості, проте канал яскравості (Y) основного зображення розглядається для впровадження даних, оскільки стиснення JPEG відкидає великий обсяг інформації про кольоровості під час її субдискретизації.

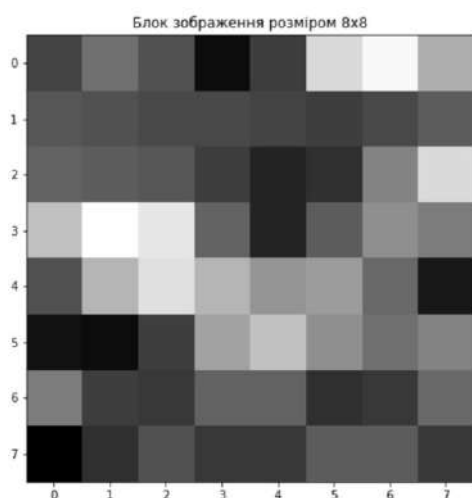


Рис. 2 – Блок компоненти яскравості зображення розміром 8x8

Для збільшення стійкості до JPEG-стиску кожен трансформований блок піддається квантуванню за допомогою стандартної таблиці квантування, що використовується при JPEG-стиску. На рисунку 4 червоним кольором позначені положення низькочастотних коефіцієнтів, використовуваних для вбудовування даних.

DC	0,1	0,2
1,0	1,1	1,2
2,0	2,1	

Рис. 4 – Положення модифікованих коефіцієнтів ДКП

Вибрані коефіцієнти, з урахуванням проаналізованої літератури, найбільш оптимальні для даної схеми. Внесення змін до коефіцієнтів C(0,1), C(1,0) і C(1,1) призведе до сильної деградації зображення. Модифікація коефіцієнтів C(0,3), C(1,2), C(2,1) і C(3,0) при їх використанні в даному алгоритмі зробить факт впровадження даних вразливим до статистичних методів виявлення.

На початковому етапі до вихідного повідомлення додається стоп-символ, що сигналізує про закінчення повідомлення при отриманні даних. Використання стоп-символу дозволяє повністю автоматизувати процес кодування та відновлення. Так, програма-декодер, виявивши стоп-символ, вважає, що витяг повідомлення закінчено і надає чистий висновок користувачеві.

Далі компонента яскравості зображення ділиться на ряд непересічних блоків розміром 8x8, кожен з яких піддається двовимірному ДКП, як наведено на рисунках 2 і 3.

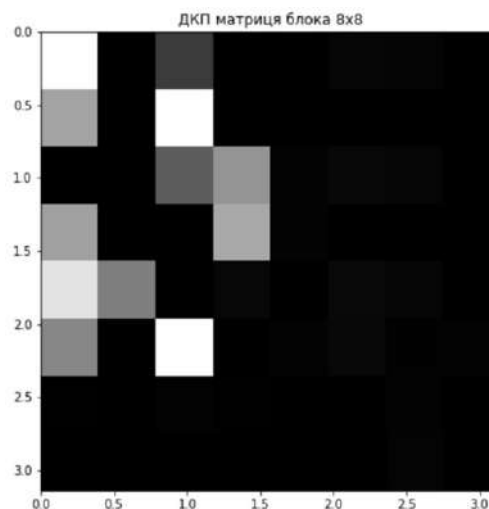


Рис. 3 – ДКП матриця блоку компоненти яскравості зображення розміром 8x8

Оригінал тексту разом із стоп-символом посимвольно перекладається в числову послідовність, де кожному числу відповідає номер відповідного символу в таблиці ASCII. Після цього кожне число переводиться в двійкову систему, отримуючи, таким чином, двійкову послідовність, яка буде показувати вихідне повідомлення, по вісім біт на кожен символ. Наприклад, якщо вихідне повідомлення звучить як «hello», а стоп-символом обрано «&», то результат буде таким:

1) в кінець повідомлення «hello» додається стоп-символ «&», отримуючи в результаті «hello&»;

2) «hello&», згідно з таблицею ASCII, перекладається в список чисел [104, 101, 108, 108, 111, 38];

3) ця послідовність, в свою чергу, перекладається в двійкову систему числення: [01101000, 01100101, 01101100, 01101100, 01101111, 00100110];

4) отримана двійкова послідовність вбудовується в зображення, як описано далі.

Далі здійснюється безпосереднє впровадження даних. Кожен біт повідомлення повинен бути впроваджений в один з двох зазначених коефіцієнтів ДКП, отримуючи в результаті по два біти на кожен блок 8x8. Як описувалося вище, ці коефіцієнти є найоптимальнішим варіантом.

Нарешті, обчислюється зворотнє ДКП для перекладу зображення з частотної області назад в просторову. Цей крок є фінальним і в результаті видає зображення, дуже наближене до вихідного, але маюче вбудовані в нього дані. Даний алгоритм, на думку автора, реалізує кращі особливості частотних

методів ЦВЗ, балансуючи між стійкістю до стегоаналізу, складності реалізації, місткістю контейнера і стійкістю до стиснення з втратами, віддаючи перевагу останньому. Однак, залишається відкритим питання як саме вбудувати біт повідомлення в значення низькочастотного коефіцієнта так, щоб його можна було витягти після стиснення і при цьому залишалася б можливість корекції помилки. Для вирішення цієї проблеми пропонується використовувати принцип математичного залишку [4]. Алгоритм перетворює вихідне значення коефіцієнта ДКП (С) на модифіковане (С\*), що належить певному діапазону, який можна коригувати для балансування між стійкістю та непомітністю. Процес вилучення даних з контейнера дуже схожий на процедуру їх вбудовування. Він є досить простим і не вимагає наявності вихідного зображення. Варто звернути увагу, що процедура вилучення даних приймає лише два параметри: модифікований ДКП коефіцієнт, в який були занесені дані, і модуль М. В загальних рисах, алгоритм наступний:

- 1) конвертація зображення в формат YCbCr і витяг компоненти яскравості;
- 2) поділ компоненти яскравості на непересічні блоки 8x8 і застосування до кожного і них двовимірному ДКП;
- 3) витяг біт вбудованого тексту відповідно до формули [4];
- 4) групування витягнутих біт і переведення їх у відповідний символ таблиці ASCII;
- 5) якщо поточний символ – стоп-символ, витяг повідомлення закінчено.

Зазначений алгоритм слід повторювати до виявлення стоп-символу, або до кінця контейнера. В останньому випадку вважається що контейнер або не містить повідомлення, або воно було істотно пошкоджено. Додатково замість стоп-символу можна використовувати стоп-інтервал, що дозволить збільшити можливості корекції помилки.

Для проведення наукового експерименту було вибрано частину зображення, значення яскравості і ДКП коефіцієнтів якої наведені на рисунках 5 та 6.

18.0	25.0	20.0	9.0	17.0	42.0	47.0	35.0
21.0	20.0	19.0	19.0	18.0	17.0	19.0	22.0
23.0	22.0	21.0	17.0	13.0	15.0	28.0	42.0
38.0	48.0	44.0	23.0	13.0	22.0	30.0	27.0
20.0	36.0	43.0	36.0	31.0	32.0	24.0	11.0
10.0	9.0	17.0	33.0	38.0	30.0	25.0	28.0
27.0	17.0	16.0	23.0	23.0	15.0	16.0	24.0
7.0	15.0	20.0	16.0	16.0	22.0	22.0	16.0

Рис. 5 – Значення яскравості 8x8 блоку зображення

189.0	-9.2	4.5	-6.9	-10.5	0.5	0.3	-0.0
12.3	-5.3	23.4	-0.3	-11.6	-0.1	0.0	-0.5
-25.1	-24.0	7.0	11.3	0.2	0.6	0.5	-0.2
12.2	-13.5	-19.7	12.8	0.3	-0.4	-0.2	-0.9
17.2	9.6	-0.6	0.6	-29.2	0.7	0.5	-0.4
10.3	0.1	23.3	0.0	0.3	0.6	0.2	0.3
0.1	-27.3	0.2	0.1	-0.1	-0.2	0.3	-0.2
-0.1	-0.5	-0.3	-0.6	-0.1	-0.1	0.3	-0.0

Рис. 6 – ДКП коефіцієнти 8x8 блоку зображення

Нехай послідовність, яку необхідно впровадити в зображення, виглядає як [1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1]. Перші два елементи – [1, 0] будуть вбудовані в відповідні ДКП коефіцієнти, наведені на рисунку 2.3 за вказаним правилом. Таким чином, біт «1» буде вбудований в значення -25.1, а біт «0» – в значення 4.5. На рисунку 7 показаний модифікований ДКП блок із зазначеними позиціями цільових коефіцієнтів.

189.0	-9.2	4.0	-6.9	-10.5	0.5	0.3	-0.0
12.3	-5.3	23.4	-0.3	-11.6	-0.1	0.0	-0.5
-31.0	-24.0	7.0	11.3	0.2	0.6	0.5	-0.2
12.2	-13.5	-19.7	12.8	0.3	-0.4	-0.2	-0.9
17.2	9.6	-0.6	0.6	-29.2	0.7	0.5	-0.4
10.3	0.1	23.3	0.0	0.3	0.6	0.2	0.3
0.1	-27.3	0.2	0.1	-0.1	-0.2	0.3	-0.2
-0.1	-0.5	-0.3	-0.6	-0.1	-0.1	0.3	-0.0

Рис. 7 – ДКП коефіцієнти 8x8 блоку зображення

**ТЕОРЕТИЧНА СКЛАДОВА ДОСЛІДЖЕННЯ.**

Описаний в попередньому розділі алгоритм є досить стійким до стиснення з втратами, але нестійким до такого типу атаки як несанкціонований витяг даних. Якщо третя сторона визначить алгоритм, використаний для впровадження даних, вона зможе безперешкодно отримати їх. Для забезпечення стійкості до подібних атак вихідні дані слід попередньо зашифрувати, враховуючи, що внаслідок стиснення з втратами, дані можуть бути відновлені лише частково.

З урахуванням цієї вимоги, має сенс вивчити можливість використання шифрів підстановки. У загальному випадку, шифр підстановки – це метод шифрування, в якому елементи вихідного відкритого тексту замінюються зашифрованим текстом відповідно до деякого правила.

На рисунку 8 показано, як слово «HELLO» було зашифровано в рядок «URYYB» з використанням додаткового алфавіту.

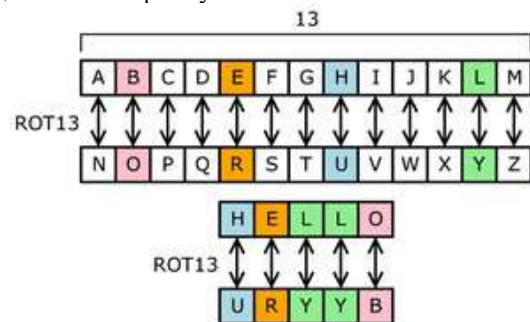


Рис. 8 – Застосування моноалфавітного шифру підстановки

Однак, у даного методу є серйозний недолік – його досить просто зламати використовуючи так званий частотний аналіз [5] або, в більш серйозних випадках, генетичні алгоритми [6].

Частотний аналіз передбачає, що частота появи заданої літери алфавіту в досить довгих текстах одна і та ж для різних текстів однієї мови. При цьому, в

разі моноалфавітного шифрування, якщо в шифротекста буде символ з аналогічною ймовірністю появи, то можна припустити, що він і є зазначеної зашифрованою буквою. Так, на рисунку 9 наведено розкид частоти використання букв англійського алфавіту.

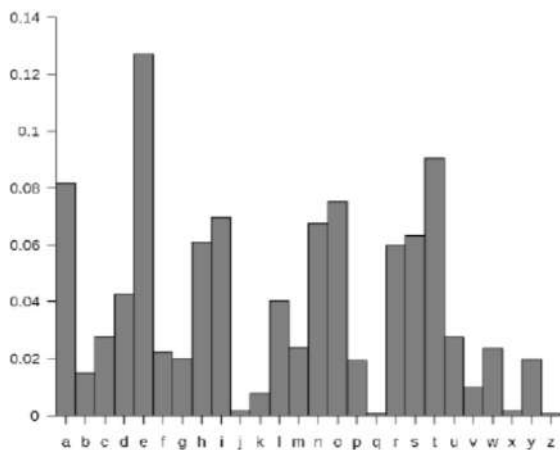


Рис. 9 – Частотний розподіл букв англійського алфавіту

Проаналізувавши частотний розподіл зашифрованого тексту і зіставивши його з типовим для даної мови, можна досить просто розшифрувати такий текст. Для того щоб підвищити стійкість алгоритму до розшифровки, пропонується використовувати поліалфавітний шифр підстановки, що є сукупністю шифрів простої заміни (моноалфавітних шифрів), які використовуються для шифрування чергового символу відкритого тексту згідно деякому правилу. Поліалфавітний шифр куди менш схильний до частотного аналізу і спробам злому з використанням генетичних алгоритмів. Як показано на рисунку 3, два однакових символи вихідного тексту дають різні символи зашифрованого тексту при використанні поліалфавітного шифру.

Monoalphabetic Cipher	Polyalphabetic Cipher
Plaintext: H E L L O	Plaintext: H E L L O
↓ ↓ ↓ ↓ ↓	↓ ↓ ↓ ↓ ↓
Ciphertext: I F M M N	Ciphertext: I S N W L

Рис. 10 – Порівняння зашифрованих різними методами текстів

Це означає, що частотний аналіз не дасть результатів при спробі злому поліалфавітного шифру. Подібне завдання є досить важким і тим воно важче, чим менше зв'язку між вихідним текстом і зашифрованим. Тому, для додаткової надійності, пропонується додати в алгоритм можливість введення призначеного для користувача секретного ключа і здійснення операції XOR між ним і вихідним текстом. Оскільки операція XOR оборотна, текст можна буде розшифрувати за допомогою того ж ключа.

Розглянемо фінальний запропонований варіант шифрування. Нехай дано кілька вихідних алфавітів, кожен з яких є випадковою перестановкою символів в таблиці ASCII. Також дано вихідний текст, а саме: «keep calm and study hard» і секретний ключ: «lemon». Unicode значення отриманих алфавітів наведені на рисунку 11.

```

%U+00000000(1)U+00000001(2)U+00000002(3)U+00000003(4)U+00000004(5)U+00000005(6)U+00000006(7)U+00000007(8)U+00000008(9)U+00000009(10)U+0000000A(11)U+0000000B(12)U+0000000C(13)U+0000000D(14)U+0000000E(15)U+0000000F(16)U+00000010(18)U+00000011(19)U+00000012(20)U+00000013(21)U+00000014(22)U+00000015(23)U+00000016(24)U+00000017(25)U+00000018(26)U+00000019(27)U+0000001A(28)U+0000001B(29)U+0000001C(30)U+0000001D(31)U+0000001E(32)U+0000001F(33)U+00000020(34)U+00000021(35)U+00000022(36)U+00000023(37)U+00000024(38)U+00000025(39)U+00000026(40)U+00000027(41)U+00000028(42)U+00000029(43)U+0000002A(44)U+0000002B(45)U+0000002C(46)U+0000002D(47)U+0000002E(48)U+0000002F(49)U+00000030(50)U+00000031(51)U+00000032(52)U+00000033(53)U+00000034(54)U+00000035(55)U+00000036(56)U+00000037(57)U+00000038(58)U+00000039(59)U+0000003A(60)U+0000003B(61)U+0000003C(62)U+0000003D(63)U+0000003E(64)U+0000003F(65)U+00000040(66)U+00000041(67)U+00000042(68)U+00000043(69)U+00000044(70)U+00000045(71)U+00000046(72)U+00000047(73)U+00000048(74)U+00000049(75)U+0000004A(76)U+0000004B(77)U+0000004C(78)U+0000004D(79)U+0000004E(80)U+0000004F(81)U+00000050(82)U+00000051(83)U+00000052(84)U+00000053(85)U+00000054(86)U+00000055(87)U+00000056(88)U+00000057(89)U+00000058(90)U+00000059(91)U+0000005A(92)U+0000005B(93)U+0000005C(94)U+0000005D(95)U+0000005E(96)U+0000005F(97)U+00000060(98)U+00000061(99)U+00000062(100)U+00000063(101)U+00000064(102)U+00000065(103)U+00000066(104)U+00000067(105)U+00000068(106)U+00000069(107)U+0000006A(108)U+0000006B(109)U+0000006C(110)U+0000006D(111)U+0000006E(112)U+0000006F(113)U+00000070(114)U+00000071(115)U+00000072(116)U+00000073(117)U+00000074(118)U+00000075(119)U+00000076(120)U+00000077(121)U+00000078(122)U+00000079(123)U+0000007A(124)U+0000007B(125)U+0000007C(126)U+0000007D(127)U+0000007E(128)U+0000007F(129)U+00000080(130)U+00000081(131)U+00000082(132)U+00000083(133)U+00000084(134)U+00000085(135)U+00000086(136)U+00000087(137)U+00000088(138)U+00000089(139)U+0000008A(140)U+0000008B(141)U+0000008C(142)U+0000008D(143)U+0000008E(144)U+0000008F(145)U+00000090(146)U+00000091(147)U+00000092(148)U+00000093(149)U+00000094(150)U+00000095(151)U+00000096(152)U+00000097(153)U+00000098(154)U+00000099(155)U+0000009A(156)U+0000009B(157)U+0000009C(158)U+0000009D(159)U+0000009E(160)U+0000009F(161)U+000000A0(162)U+000000A1(163)U+000000A2(164)U+000000A3(165)U+000000A4(166)U+000000A5(167)U+000000A6(168)U+000000A7(169)U+000000A8(170)U+000000A9(171)U+000000AA(172)U+000000AB(173)U+000000AC(174)U+000000AD(175)U+000000AE(176)U+000000AF(177)U+000000B0(178)U+000000B1(179)U+000000B2(180)U+000000B3(181)U+000000B4(182)U+000000B5(183)U+000000B6(184)U+000000B7(185)U+000000B8(186)U+000000B9(187)U+000000BA(188)U+000000BB(189)U+000000BC(190)U+000000BD(191)U+000000BE(192)U+000000BF(193)U+000000C0(194)U+000000C1(195)U+000000C2(196)U+000000C3(197)U+000000C4(198)U+000000C5(199)U+000000C6(200)U+000000C7(201)U+000000C8(202)U+000000C9(203)U+000000CA(204)U+000000CB(205)U+000000CC(206)U+000000CD(207)U+000000CE(208)U+000000CF(209)U+000000D0(210)U+000000D1(211)U+000000D2(212)U+000000D3(213)U+000000D4(214)U+000000D5(215)U+000000D6(216)U+000000D7(217)U+000000D8(218)U+000000D9(219)U+000000DA(220)U+000000DB(221)U+000000DC(222)U+000000DD(223)U+000000DE(224)U+000000DF(225)U+000000E0(226)U+000000E1(227)U+000000E2(228)U+000000E3(229)U+000000E4(230)U+000000E5(231)U+000000E6(232)U+000000E7(233)U+000000E8(234)U+000000E9(235)U+000000EA(236)U+000000EB(237)U+000000EC(238)U+000000ED(239)U+000000EE(240)U+000000EF(241)U+000000F0(242)U+000000F1(243)U+000000F2(244)U+000000F3(245)U+000000F4(246)U+000000F5(247)U+000000F6(248)U+000000F7(249)U+000000F8(250)U+000000F9(251)U+000000FA(252)U+000000FB(253)U+000000FC(254)U+000000FD(255)U+000000FE(256)U+000000FF(257)
    
```

Рис. 11 – Unicode значення алфавітів, отримані в результаті трьох випадкових перестановок символів таблиці ASCII

Першим кроком виконується XOR кодування вихідного тексту з секретним ключем. В даному випадку, перший символ вихідного тексту «к» буде закодований з першим символом секретного ключа «l», другий символ «e» – з другим символом ключа «e» і так далі. Отримана в результаті послідовність шифрується за допомогою обраних алфавітів. Так, перший символ послідовності замінюється на відповідний символ першого алфавіту, другий символ – на символ другого алфавіту і так далі. Всі алфавіти використовуються один за одним по черзі і після останнього процес переходить назад до першого. Отримана в результаті послідовність виглядає наступним чином: «J | ## \ rv7 \ xlenYDE \ x12 \ r \ x0b \ x7f\_S6 \ r 7SS». Після підстановки Unicode символів і перекладу послідовності в двійкову систему, отримуємо послідовність, наведену на рисунку 12.

```

01001010 01111100 00100011 00100011
00001101 01110110 00111011 00011110
01101110 01011001 01000100 01000101
00010010 00001101 00001011 01111111
01011111 01010011 00111011 00001101
00100000 00111011 01010011 01010011
    
```

Рис. 12 – Двійкове подання зашифрованого тексту

Отримана таким чином двійкова структура розбивається на пари сусідніх бітів і переноситься в низькочастотні області цільового зображення, як описано вище.

### ВИСНОВКИ ТА АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО АЛГОРИТМА.

Для проведення аналізу стійкості алгоритму до JPEG стиснення в вихідне зображення було вбудовано повідомлення «Keep calm and study hard» з використанням секретного ключа «lemon», потім вихідне зображення було стиснене з різним коефіцієнтом стиснення і проведено порівняння відновленого згодом тексту з вихідним. Результати аналізу наведені на рисунку 13.








Зображення	Коефіцієнт стиснення	Відновлений текст
	1.0	Keep calm and study hard
	0.9	Keep calm and study hard
	0.8	Keep calm and study hard
	0.6	Keep calm and study hard
	0.4	Keep calm and study hard

Рис. 13 – Аналіз стійкості алгоритму з стиску з втратами

Можна зробити висновок, що алгоритм є досить стійким до стиснення з втратами при використанні коефіцієнта стиснення не менше 0,6. Незважаючи на частково пошкодженій внаслідок стиснення текст, використання поліалфавітного шифру підстановки дозволило розшифрувати його на прийнятному рівні, що є великою перевагою запропонованого методу. Даний результат збігається з можливостями проаналізованих методів вбудовування ЦВЗ в частотну область зображення, на основі яких було розроблено алгоритм.

Таким чином, у цій статті було розглянуто стеганографічний алгоритм прихованої передачі інформації в растрових зображеннях, що є досить стійким до стиснення з втратами і атаками на контейнер. Практична цінність представленої роботи полягає в доведенні отриманих наукових результатів до конкретного алгоритму, який може бути використаний як складова комплексних систем захисту інформації будь-якого підприємства, установи та може бути використана для навчання студентів [7–20] за представленими прикладами.

#### Список літератури

1. Грибунин В. Г. Цифровая стеганография / В. Г. Грибунин, И. Н. Оков, В. И. Туринцев. – М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 272с.
2. Коначович Г. Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Г. Ф. Коначович, А. Ю. Пузыренко. – К.: «МК-Пресс», 2006. – 288 с.
3. Elshoura, S. M. A secure high capacity full-gray-scale-level multi-image information hiding and secret image authentication scheme via Tchebichef moments / S. M. Elshoura, D. B. Megherbi // Signal Processing: Image Communication. 2013. – Vol. 28, pp. 531–552.

4. Shinfeng D. Lin, Shih-Chieh Shie, and Jim Yi Guo. 2009. Improving the Robustness of DCT-Based Image Watermarking Against JPEG Compression. Elsevier, Journal of Computer Standard and Interfaces Volume 32, Issues 1-2, pp. 54–60.
5. Ronak Dedhia, Enhancing the Security of Caesar Cipher Substitution Method using a Randomized Approach for more Secure Communication, pp. 2–3.
6. Dalal Alsaady, Safaa Omran. USING GENETIC ALGORITHM TO CRYPTANALYSE A SIMPLE SUBSTITUTION CIPHER, pp. 13–26.
7. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
8. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». X.: НТУ «ХП». 2014, № 16, с. 3–11.
9. 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». 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
10. Бухкало С.І., Гардер С.Е. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 72–80.
11. Бухкало С.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник з грифом МОН / С. І. Бухкало – К.: ЦНЛ, 2019. – 108 с.
12. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.
13. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техника, технология, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжн. н-практ.конф. (MicroCAD-2020) Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 250.
14. Кравченко О.С. Загальна технологія системи технічного зору у прикладах і задачах. Вісник НТУ «ХП». X.: НТУ «ХП». 2019, № 21(1346), с. 44–51.
15. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М. та ін. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техника, технология, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. X.: НТУ «ХП». 342 с.
16. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Химич О.Ю. и др. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов. Вісник НТУ «ХП». 2012, № 10, с. 74–78.
17. Бухкало С.І. Деякі моделі процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену. Вісник НТУ «ХП». 2017. № 18 (1240), с. 35–45.
18. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108
19. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks. Вісник НТУ «ХП». – X.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340), с. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
20. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічно-безпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХП». – X.: НТУ «ХП», 2018. – № 18(1294), с. 36–44.

#### Bibliography (transliterated)

1. Gribunin V. G. Cifrovaja steganografija / V. G. Gribunin, I. N. Okov, V. I. Turincev. M.: SOLON-Press, 2002. – 272 p.

2. Konahovich G. F. Komp'yuternaja steganografija. Teorija i praktika / G. F. Konahovich, A. Ju. Puzyrenko. – K.: «MK-Press», 2006. – 288 p.
3. Elshoura, S. M. A secure high capacity full-gray-scale-level multi-image information hiding and secret image authentication scheme via Techebichef moments / S. M. Elshoura, D. B. Megherbi // Signal Processing: Image Communication. 2013. – Vol.28, pp. 531–552.
4. Shinfeng D. Lin, Shih-Chieh Shie, and Jim Yi Guo. 2009. Improving the Robustness of DCT-Based Image Watermarking Against JPEG Compression. Elsevier, Journal of Computer Standard and Interfaces Volume 32, Issues 1-2, pp. 54–60.
5. Ronak Dedhia, Enhancing the Security of Caesar Cipher Substitution Method using a Randomized Approach for more Secure Communication, pp. 2–3.
6. Dalal Alsaady, Safaa Omran. USING GENETIC ALGORITHM TO CRYPTANALYSE A SIMPLE SUBSTITUTION CIPHER, pp. 13–26.
7. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noï vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) Kh.: II, p. 201.
8. Bukhhalo S.I. Udokonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014, № 16, pp. 3–11.
9. 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 / Visnik NTU «KhPI». 2019. – № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
10. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. Regulirovannje jeffektivnosti resurso- i jenergosberezenija na kompleksnyh predprijatijah po pererabotke othodov/Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2012. № 10, pp. 72–80.
11. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovih virobnictv u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologij krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2, [tekst] pidruchnik z grifom MON / S. I. Bukhhalo – K.: Centr navchal'noi literaturi, 2019. – 108 p.
12. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. Visnik NTU «KhPI». 2015. № 7 (1116), pp. 103–108.
13. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonmirmnostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi XXVIII mizhn. n/prakt.konf. (MicroCAD-2020) NTU «KhPI», p. 250.
14. Kravchenko O.S. Zagal'na tehnologija sistemi tehnicnogo zoru v prikladah i zadachah. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2019, № 21(1346), pp. 44–51.
15. Sirku M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M. ta in. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezhah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2019, Ch. II/za red. prof. Sokola C.I. Kh.: NTU «KhPI», p. 342.
16. Bukhhalo S.I., Garder S.E. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predprijatij po pererabotke othodov. Visnik NTU «KhPI». 2012, № 10, pp. 74–78.
17. Bukhhalo S.I. Dejaki modeli procesiv himicnogo spinjuvannja vtorinnogo polietilenu. Visnik NTU «KhPI». 2017. No. 18 (1240), pp. 35–45.
18. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. Visnik NTU «KhPI». 2015. No. 7 (1116), pp. 103–108
19. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks. Visnik NTU «KhPI». 2019. – No. 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
20. Bukhhalo S.I. Sinergetichni modeli dlja ekologichno-bezpechnih procesiv identifikacii-klasifikacii vtorinnih polimeriv. Visnik NTU «KhPI». 2018. – № 18, pp. 36–44.

*Надійшла (received) 19.11.2021*

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Кравченко Олександр Сергійович (Кравченко Александр Сергеевич, Kravchenko Oleksandr Serhijovych)** – аспірант, кафедра Комп'ютерних наук і аналізу даних, факультет Комп'ютерних наук, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна; e-mail: askraff@gmail.com.

**O. S. KRAVCHENKO**

**GENERAL TECHNOLOGY OF ENCRYPTION AND INTEGRATION OF DATA IN A PATTERN OF A PICTURE OF IMAGES THAT IS RESISTANT TO JPEG COMPRESSION**

The object of the thesis is the use of steganographic methods for organizing a covert communication channel in a public channel, providing resistance to lossy compression. The aim of the thesis is to develop an algorithm for embedding data into bitmap images that is resistant to JPEG compression and attacks on the container. In this thesis, the features of the JPEG algorithm are investigated, steganographic methods of information protection are analyzed, and a steganographic algorithm is designed that is resistant to JPEG compression and attacks on the container. Additional security is provided by the polyalphabetic substitution cipher and user secret key used to encrypt the original message. The algorithm was developed using the Python 3 programming language, the NumPy, SciPy, Matplotlib libraries and the Jupyter Lab package. The task was completed using standard mathematical and statistical methods and tools of the high-level programming language Python 3.

**Keywords:** steganography, cryptography, JPEG algorithm, steganographic container stability, data embedding in raster images, stegoanalysis.

**A. C. KRAVCHENKO**

**ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ШИФРОВАНИЯ И ВСТРАИВАНИЯ ДАННЫХ В РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ, УСТОЙЧИВЫХ К СЖИМАНИЮ JPEG**

Объектом исследования представленной статьи являются стеганографические методы организации скрытого канала связи в канале общего пользования, обеспечивающие устойчивость к сжатию с потерями. Цель работы – разработка алгоритма встраивания данных в растровые изображения, устойчивого к сжатию JPEG и атакам на контейнер. В работе исследованы особенности работы алгоритма JPEG, проанализированы стеганографические методы защиты информации и построен стеганографический алгоритм, устойчивый к сжатию JPEG и атакам на контейнер. Дополнительную надежность обеспечивают полиалфавитный шифр подстановки и пользовательский секретный ключ, используемый для шифрования исходного сообщения. Алгоритм был разработан с помощью языка программирования Python 3, библиотек NumPy, SciPy, Matplotlib и пакета Jupyter Lab. Задача была выполнена с помощью стандартных математических и статистических методов и средств высокоуровневого языка Python 3.

**Ключевые слова:** стеганография, криптография, JPEG алгоритм, устойчивость стеганографического контейнера, встраивание данных в растровые изображения, стегоанализ.



**О. П. ПРИЩЕНКО, Н. В. ЧЕРЕМСЬКА, Т. Т. ЧЕРНОГОР**

## **ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ КОРЕЛЯЦІЙНОГО І РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ**

У статті розглядається побудова математичних моделей за допомогою методів кореляційного і регресійного аналізу при визначенні функціональної залежності між величинами. При проведенні експерименту часто доводиться стикатися з необхідністю встановлення взаємозалежності між двома або кількома величинами з метою отримання емпіричної формули. У деяких випадках це виявляється простим завданням, тому що ці зв'язки практично наочні або заздалегідь відомі. Як правило, встановити взаємозв'язок між різними показниками, чинниками і ознаками, далеко не тривіальна задача. Виникає необхідність використання деякої гіпотези в вигляді функціональної залежності. Іншими словами, необхідно замінити цю функціональну залежність досить простим математичним виразом. Таким математичним виразом може бути лінійне рівняння або многочлен. Для того щоб, використовуючи дані експерименту, визначити таку математичну або функціональну залежність між змінними, застосовують методи кореляційного і регресійного аналізу. Кореляційний аналіз дає відповідь на статистичну гіпотезу про відсутність або наявності зв'язку між змінними з деякою наперед заданою довірчою ймовірністю. Визначення функціональної залежності між різними величинами по їх експериментальним значенням здійснюється за допомогою регресійного аналізу. В його основі лежить широко відомий метод найменших квадратів. Пропонуючи ту чи іншу рівняння регресії, дослідник визначає як саме існування залежності між змінними, так і математичний її вид. Регресійний аналіз розглядає зв'язок між залежною величиною і незалежними змінними. Цей зв'язок є за допомогою математичної моделі, тобто рівняння, яке пов'язує залежну і незалежні змінні. Обробка експериментальних даних при використанні кореляційного і регресійного аналізу дає нам можливість побудувати статистичну математичну модель у вигляді рівняння регресії. Таким чином, методи кореляційного і регресійного аналізу тісно пов'язані між собою.

**Ключові слова:** кореляційний аналіз, регресійний аналіз, функціональна залежність, апроксимація, математичний вираз, лінійне рівняння, коефіцієнт кореляції.

### **Вступ.**

При вивченні різних об'єктів дослідження в лабораторних або виробничих умовах виникає необхідність встановлення найбільш ймовірних взаємозв'язків і взаємозалежностей між двома або більше змінними. Іноді це буває просто, оскільки зв'язок легко виявляється або заздалегідь відома з яких-небудь теоретичних передумов. Однак набагато частіше виявлення таких зв'язків є надзвичайно складним завданням [1–3].

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.**

Дослідники стикаються з необхідністю введення деякої гіпотези про характер зв'язку у вигляді функціональної залежності, тобто Апроксимації її деяким відносно простим математичним виразом, наприклад, лінійним рівнянням або многочленом.

Для пошуку таких математичних функціональних або структурних залежностей між двома або більше змінними (по накопиченим експериментальним даним) дуже корисні методи кореляційного і регресійного аналізу.

Кореляційний аналіз дає відповідь на статистичну гіпотезу про відсутність або наявності зв'язку між змінними з деякою наперед заданою довірчою ймовірністю.

Визначення функціональної залежності між різними величинами (в найпростішому у випадку від  $x$ ) по їх експериментальним значенням здійснюється за допомогою регресійного аналізу. В його основі лежить широко відомий метод найменших квадратів.

Пропонуючи те чи інше рівняння регресії, дослідник визначає як саме існування залежності між змінними, так і математичний її вид [4–11].

### **Викладання основного матеріалу досліджень.**

#### **1. Коефіцієнт кореляції.**

Поняття «кореляція» походить від латинського слова *correlatio* – співвідношення.

У математичній статистиці під кореляцією розуміється будь-який зв'язок між двома або кількома змінними випадковими величинами.

Про наявності чи відсутності зв'язку між двома випадковими величинами в першому наближенні судять по кореляційному полю (рис. 1).

Позитивна кореляція між випадковими величинами характеризує таку ймовірнісну залежність, при якій зі зростанням однієї з них інша в середньому також буде зростати (рис. 1, а). При негативній кореляції зі зростанням однієї випадкової величини інша в середньому убуває (рис. 1, в).

Кореляційний аналіз дозволяє оцінювати тісноту зв'язку різних параметрів або факторів, що впливають на процес. У загальному вигляді задача виявлення і оцінки сили зв'язку в математичній статистиці не вирішена. Існують лише показники, що дозволяють оцінювати ті чи інші сторони випадкового зв'язку. З них найважливішим є коефіцієнт кореляції.

© Прищенко О.П., Черемська Н. В., Черногор Т.Т., 2021

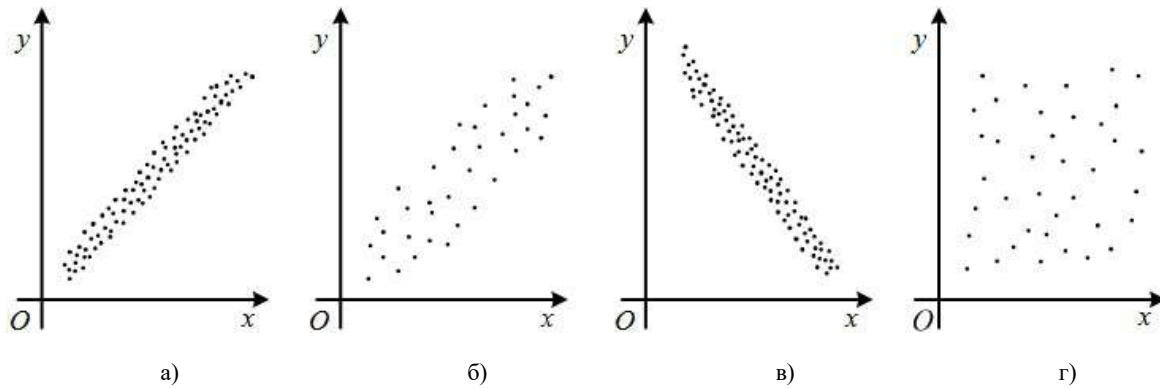


Рис. 1 – Кореляційне поле двох випадкових величин: при різному характері кореляції:  
а – сильна позитивна кореляція; б – слабка позитивна кореляція;  
в – сильна негативна кореляція; г – нульова кореляція

Якщо допустити, що проведено  $m$  випробувань і при кожному відзначалися значення двох випадкових величин  $x_i$  і  $y_i$ , то вибірковий коефіцієнт кореляції буде дорівнювати:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(m-1)S_x S_y},$$

де  $S_x, S_y$  – стандартні відхилення.

Коефіцієнт кореляції є безрозмірну величину, модуль якої не перевищує одиниці  $r_{xy} \leq 1$ . Для незалежних величин  $x$  і  $y$   $r_{xy} = 0$  і означає відсутність лінійної залежності. Рівність  $|r_{xy}| = 1$  свідчить про наявність лінійної залежності між величинами, при якій кожному  $x$  значенню відповідає тільки одне значення  $y$ .

Коефіцієнт кореляції є досить грубою оцінкою тісноти зв'язку, що має сенс лише при лінійної залежності між параметрами. Навіть при високому коефіцієнті кореляції не можна зробити достовірних висновків про наявність статистичного зв'язку, оскільки одночасне регулювання параметрів призводить до їх штучної (помилковою) кореляції.

Точно також малий коефіцієнт кореляції не завжди є наслідком відсутності зв'язку між параметрами, а може бути результатом нелінійного характеру зв'язку.

## 2. Побудова математичної моделі за результатами експерименту.

Математична модель представляє собою залежність між параметрами і факторами процесу, отриману теоретично або експериментально.

Математична модель компактна і зручна для дослідження і управління реальним процесом.

Застосування математичної моделі дозволяє:

- вибрати оптимальний технологічний режим процесу;

- скоротити план дослідних робіт при розробці технології виробництва;

- створити систему управління процесом.

При експериментальному вивченні функціональної залежності  $y$  від  $x$  виробляють ряд вимірювань величини  $y$  при різних значеннях величини  $x$ .

Результати можуть бути представлені у вигляді таблиць або графіків. Завдання полягає в аналітичному представленні шуканої функціональної залежності, тобто у підборі формули, яка описує результати експеримента.

Особливість завдання полягає в тому, що наявність випадкових помилок вимірювання (або, як кажуть, наявність «шуму» в експерименті) унеможливує підбір такої формули, яка точно описала б все досвідчені значення.

Так, наприклад, послідовне з'єднання всіх експериментальних точок відрізками прямої дасть залежність зображену на рисунку 2.

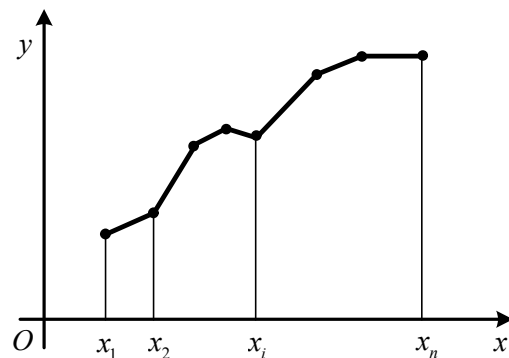


Рис. 2 – Приклад розкиду експериментальних точок

Тому графік шуканої функції не повинен проходити через всі точки, а повинен по можливості згладжувати «шум».

Згладжування «шуму» буде тим точніше і надійніше, чим більше буде вироблено експериментів.

Перш за все, дослідник повинен вибрати вид кривої, для якої він буде шукати апроксимуюче рівняння. Нижче наводиться для довідок кілька найбільш поширених видів апроксимуючих кривих і відповідних їм рівнянь:

пряма лінія  $y = b_0 + b_1x$ ;

квадратна парабола  $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ ;

парабола  $n$ -й степені  $y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_nx^n$ ;

гіпербола  $y = 1/(b_0 + b_1x)$  або  $1/y = b_0 + b_1x$ ;

логарифмічна крива  $y = b_0 + b_1 \lg x$ .

Звичайно, можуть знайти застосування і криві багатьох інших видів. Щоб вирішити, яку апроксимацію використовувати, слід вивчити кореляційне поле і порівняти розташування експериментальних точок з формою кривих, що відповідають різним рівнянням.

Форма деяких з них показана на рисунку 3.

Форму зв'язку математично не вибирають. Можна лише перевірити, наскільки адекватна інтуїтивно обрана дослідником форма зв'язку експериментальних точок.

Таким чином, завдання зводиться до визначення параметрів рівняння  $b_0$ ,  $b_1$ , і так далі. Крім того, вид формули може бути відомий заздалегідь з теоретичного опису об'єкта, що моделюється.

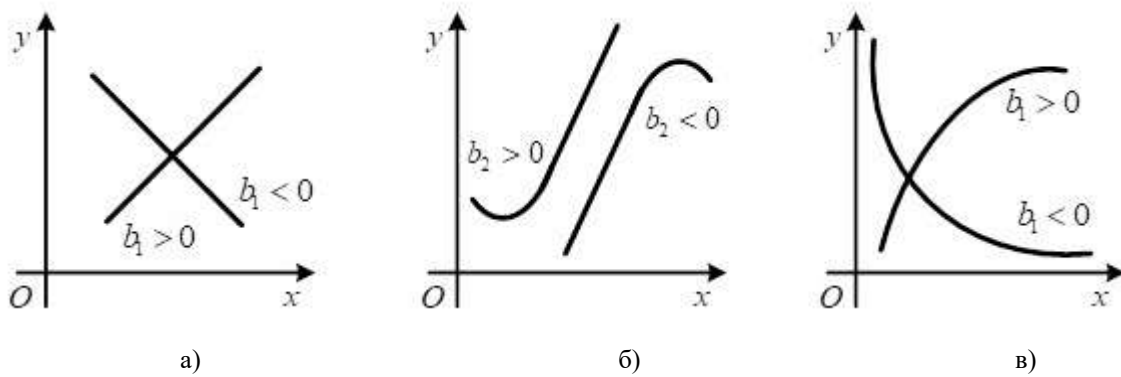


Рис. 3. Форми різних регресійних кривих:

а)  $y = b_0 + b_1x$  за умови  $b_1 > 0$ ,  $b_1 < 0$ ;

б)  $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ , за умови  $b_2 > 0$ ,  $b_2 < 0$ ;

в)  $y = b_0 + b_1 \lg x$ , за умови  $b_1 > 0$ ,  $b_1 < 0$ .

Позначимо обрану функціональну залежність через рівняння:

$$y = f(x_i; \tilde{\beta}_i),$$

де  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $\tilde{\beta}_i$  – експериментальні оцінки параметрів рівняння. Це рівняння називається рівнянням регресії, а математичне очікування цієї функціональної залежності

$$M(y_i) = M[f(x_i; \tilde{\beta}_i)] = \sum_{i=1}^n p_i \cdot f(x_i; \tilde{\beta}_i)$$

називається регресією.

Слово «регресія» ввів в статистику Френсіс Гальтон (1822-1911) – англійський математик. Знаходження оцінок параметрів і дослідження одержуваних моделей отримали назву регресійного аналізу.

Отримане рівняння прийнято називати емпіричної формулою, а оцінку параметрів функції  $f$  оцінкою параметрів емпіричної формули.

### 3. Визначення рівняння регресії методом найменших квадратів.

Одним з найбільш поширених методів регресійного аналізу є метод найменших квадратів, перший виклад якого було дано французьким математиком Андре Марі Олександром (1752–1833) і далі розроблено німецьким вченим Карлом Фрідріхом Гаусом (1777–1855).

Для найпростішого, однофакторного випадку, коли маємо дві змінні випадкові величини  $y$  і  $x_1$ , функція відгуку або рівняння регресії має вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1.$$

Це рівняння прямої лінії. Мета визначення параметрів емпіричної формули – обчислення невідомих коефіцієнтів  $b_0$  і  $b_1$ . Якби всі експериментальні точки лежали строго на прямій лінії, то для кожної з них була б справедлива рівність:

$$y_i - b_0 - b_1x_{i1} = 0,$$

де  $i = 1, 2, \dots, n$  – номер досліду.

На практиці це рівність порушується, замість нього доводиться писати:

$$y_i - b_0 - b_1 x_{1i} = \Delta y_i,$$

де  $\Delta y_i$  – різницю між експериментальним і розрахованим за рівнянням регресії значеннями  $y$  в  $i$ -й експериментальній точці. Цю величину іноді називають нев'язкою.

Позначаючи через  $\hat{y}$  розраховане значення функції (за рівнянням регресії), отримаємо:

$$\begin{aligned} \hat{y} &= b_0 + b_1 x_{1i}, \\ y_i - \hat{y}_i &= \Delta y_i. \end{aligned}$$

Нев'язка  $\Delta y_i$  виникає з двох причин:

- 1) помилка експерименту;
- 2) непридатність моделі.

Причому ці причини змішані і без додаткової інформації не можна вирішити, яка з причин переважає. Для цього використовують методи оцінки помилок досвіду і придатності моделі (адекватності моделі).

Завжди прагнуть знайти такі коефіцієнти регресії, при яких нев'язка будуть мінімальні. Ось одна з можливих записів:

$$U = \sum_{i=1}^n \Delta y_i^2 = \min. \quad (1)$$

вона призводить до методу найменших квадратів  
Можливий і метод найменших кубів:

$$\sum_{i=1}^n |\Delta y_i^3| = \min.$$

Можливий і метод, в якому мінімізується сума модулів (абсолютних величин) нев'язок:

$$\sum_{i=1}^n |\Delta y_i| = \min.$$

Умова (1), покладена в основу методу найменших квадратів вважають найбільш вдалим компромісом.

При постановці експерименту зазвичай проводиться більше дослідів, ніж число невідомих коефіцієнтів. Тому система лінійних рівнянь

$$\begin{cases} \Delta y_1 = y_1 - b_0 - b_1 x_{11}, \\ \Delta y_2 = y_2 - b_0 - b_1 x_{12}, \\ \dots \\ \Delta y_i = y_i - b_0 - b_1 x_{1i} \end{cases}$$

часто виявляється суперечливою.

Якщо все експериментальні точки лежать на прямій, то тільки тоді система стає визначеною і має

єдине розв'язання щодо  $b_0$  та  $b_1$ .

Метод найменших квадратів (МНК) породжує властивість, яка робить визначеною будь-яку систему рівнянь. Рівняння регресії має вигляд:

$$y = b_0 + b_1 x_1.$$

У ньому два невідомих  $b_0$  і  $b_1$  значення. Застосовуючи МНК, перепишемо рівняння (1) інакше:

$$U = \sum_{i=1}^n \Delta y_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_{1i})^2 = \min.$$

Відомо, що мінімум деякої функції, якщо він існує, досягається при одночасній рівності нулю частинних похідних по всіх невідомим, тобто

$$\frac{\partial U}{\partial b_0} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial b_1} = 0.$$

Обчислимо частинні похідні і розв'яжемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} -2 \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_{1i}) = 0, \\ -2 \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_{1i}) x_{1i} = 0. \end{cases}$$

Розкриємо дужки, проведемо перетворення:

$$\begin{cases} n b_0 + \sum_{i=1}^n x_{1i} b_1 = \sum_{i=1}^n y_i, \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} b_0 = \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 b_1 = \sum_{i=1}^n y_i x_{1i}. \end{cases}$$

Ця система називається системою нормальних рівнянь. Формули для обчислення  $b_0$  і  $b_1$  зручно знаходити за допомогою метода Крамера.

Остаточні формули мають вигляд:

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 - \sum_{i=1}^n y_i x_{1i} \sum_{i=1}^n x_{1i}}{n \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_{1i} \right)^2},$$

$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_{1i} - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_{1i}}{n \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_{1i} \right)^2}.$$

Подивимося тепер, як обчислюються суми, що входять в ці формули. Для виконання розрахунків складають матрицю результатів експерименту, як показано в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати експеримента

Номер експерименту	$x_i$	$y$	$x_i^2$	$yx_i$	$y^2$	$x_i + y$	$(x_i + y)^2$
1	$x_{11}$	$y_1$	$x_{11}^2$	$y_1 x_{11}$	$y_1^2$	$x_{11} + y_1$	$(x_{11} + y_1)^2$
2	$x_{12}$	$y_2$	$x_{12}^2$	$y_2 x_{12}$	$y_2^2$	$x_{12} + y_2$	$(x_{12} + y_2)^2$
...	...	...	...	...	...	...	...
$n$	$x_{1n}$	$y_n$	$x_{1n}^2$	$y_n x_{1n}$	$y_n^2$	$x_{1n} + y_n$	$(x_{1n} + y_n)^2$
$\sum_{i=1}^n$	$\sum_{i=1}^n x_{1i}$	$\sum_{i=1}^n y_i$	$\sum_{i=1}^n x_{1i}^2$	$\sum_{i=1}^n y_i x_{1i}$	$\sum_{i=1}^n y_i^2$	–	$\sum_{i=1}^n (x_{1i} + y_i)^2$

Видно, що обчислень зроблено більше, ніж потрібно для розрахунку  $b_0$  і  $b_1$ . Вони позначені зірочкою. Ці «зайві» дані потрібні для перевірки правильності розрахунків. Можливі два способи перевірки:

1) перевіряється умова

$$\sum_{i=1}^n (x_i + y_i)^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n y_i x_i + \sum_{i=1}^n y_i^2;$$

2) перевірку можна провести і по наступному рівнянню

$$\bar{y} = b_0 + b_1 \bar{x}_i.$$

Другий спосіб є найбільш повним. З його допомогою перевіряється не тільки обчислення суми, але і коефіцієнтів. На практиці використовуються обидві перевірки.

**Завдання.** В ході тестування хромель-алюмелеві термопари за постійними (реперних) точок температур кристалізації металів Pb (327,5 °C), Zn (419,6 °C), Al (660,0 °C). Отримані відповідно наступні дані термоерс: 12,1 мВ; 16,0 мВ; 26,1 мВ. Необхідно розрахувати рівняння регресії лінійної залежності температури від величин термоерс термопари.

**Розв'язання.** Складемо таблицю 2 для розрахунку коефіцієнтів регресії:

Таблиця 2. Розрахунок коефіцієнтів регресії завдання

Номер експерименту	$x$	$y$	$x^2$	$x \cdot y$
1	12,1	327,5	146,4	3962,75
2	16,0	419,6	256,0	6713,6
3	26,1	660,0	681,2	17226,0
$\sum$	54,2	1407,1	1083,6	27902,3

Після виконання розрахунків за таблицею 2 можна визначити:

$$b_0 = \frac{1407,1 \cdot 1093,6 - 27902,3 \cdot 54,2}{3 \cdot 1083,6 - 54,2^2} = 39,75.$$

$$b_1 = \frac{3 \cdot 27902,3 - 1407,1 \cdot 54,2}{3 \cdot 1083,6 - 54,2^2} = 23,76.$$

Таким чином, можна отримати рівняння регресії:

$$y = 39,75 + 23,76x,$$

яке дозволяє розрахувати величину температури (°C) за показаннями термопари.

Коефіцієнти регресії можна знайти за допомогою програми Excel.

Порядок дій для обчислення обох коефіцієнтів

регресії однаковий.

Невелика відмінність полягає в тому, що в діалозі **Майстер функцій** в категорії **Статистичні** для знаходження лінійного коефіцієнта  $b_1$  вибираємо функцію **НАКЛОН**, а для вільного члена рівняння  $b_0$  – **ОТРЕЗОК** (рис. 4 та рис. 5).

На екрані з'являться відповідно діалоги:

**Аргумент функцій – НАКЛОН**

$i$

**Аргумент функцій – ОТРЕЗОК.**

У відповідні поля вводимо з робочого листа діапазон значень  $y$  і  $x$ .

У діалозі **Аргумент функцій** з'явиться значення визначеного коефіцієнта, яке після натискання кнопки **ОК** переноситься в задану комірку робочого аркуша. Програма Excel видає більш точні значення коефіцієнтів регресії, ніж розраховані вручну.

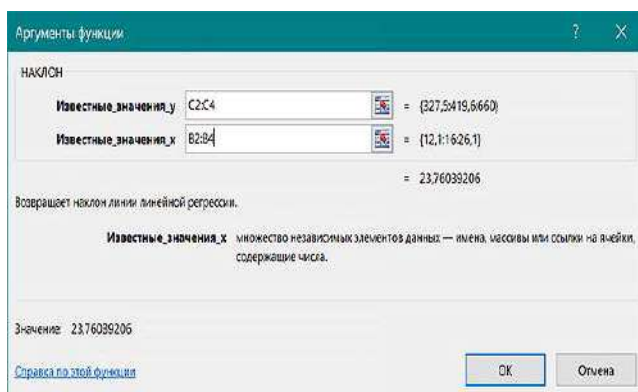


Рис. 4. Діалог «Аргумент функцій» – НАКЛОН

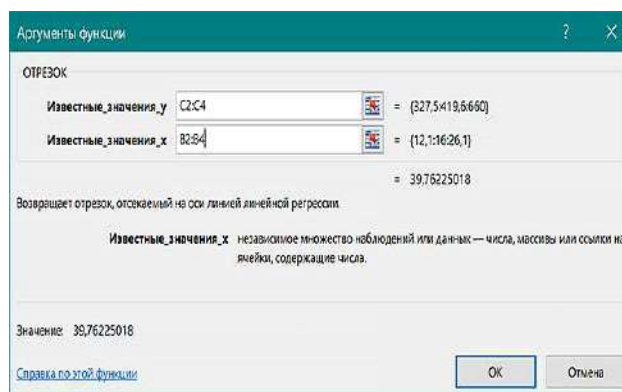


Рис. 5. Діалог «Аргумент функцій» – ОТРЕЗОК

На екрані з'являться відповідно діалоги **Аргумент функцій – НАКЛОН** і **Аргумент функцій – ОТРЕЗОК**. У відповідні поля вводимо з робочого листа діапазон значень  $y$  і  $x$ .

У діалозі **Аргумент функцій** з'явиться значення визначеного коефіцієнта, яке після натискання кнопки **ОК** переноситься в задану комірку робочого аркуша. Програма **Excel** видає більш точні значення коефіцієнтів регресії, ніж розраховані вручну.

Програма Microsoft Office Excel 2016 дозволяє одночасно провести дисперсійний, кореляційний і регресійний аналіз з оцінкою значущості коефіцієнтів отриманого рівняння регресії [12–18].

**Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.**

У статті розглядається побудова математичних моделей за допомогою методів кореляційного і регресійного аналізу при визначенні функціональної залежності між величинами. Як приклад наводиться завдання з хімічним змістом. Найчастіше, при вивченні курсу вищої математики доводиться розв'язувати задачі загального характеру. Але для студентів Навчально-наукового інституту хімічних технологій та інженерії більший інтерес представляють завдання, які безпосередньо пов'язані з їх спеціальністю. Таким чином, розглядаючи завдання, подібні наведеної в даній статті, ми підвищимо інтерес і мотивацію майбутніх фахівців до вивчення даного матеріалу.

І хоча математики та інженери хіміки-технологи мислять зовсім по-різному, ті випадки, коли їм вдається досягти взаємодії, призводять до появи нетривіальних результатів і сприяють збагаченню обох цих наук. Завдяки таким діям можливо досягнути більш конкретизованих результатів за деякими питаннями з теми інноваційної діяльності.

Таким чином, заняття зі студентами та їх самостійна робота формують вміння при формулюванні висновків з проведеної роботи. При цьому у студентів виробляються необхідні навички: користування комп'ютерною технікою з метою виявлення закономірностей процесів та методів дослідження; проведення патентного пошуку та реалізації отриманих результатів; публічний захист

наукової розробки, аналітичний компетентнісний аналіз наукової та прикладної частини і т.і. [19–23].

### Список літератури

1. Высшая математика в примерах и задачах : уч. пособ. : Т. 2 / Ю.Л. Геворкян, Л.А. Балака, С.С. Габриелян и др. ; под ред. Ю.Л. Геворкяна. – Х.: Підручник НТУ «ХП», 2011. – 376 с.
2. Вища математика в прикладах і задачах : у 2 т. Т. 2 : Диференціальне та інтегральне числення функцій багатьох змінних. Диференціальні рівняння та ряди : навч. посіб. / Л.В. Курпа, Н.О. Кириллова, Г.Б. Лінник та ін. ; за ред. Л.В. Курпи. Х: НТУ «ХП», 2009. – 432 с.
3. Геворкян Ю.Л. Краткий курс высшей математики : учеб. пособ. : в 2 ч. Ч. 2 / Ю.Л. Геворкян, А.Л. Григорьев, Н.А. Чикина. – Х. : Підручник НТУ «ХП», 2011. 476 с.
4. Диференціальні рівняння та їх застосування : н.-мет. посіб. / Прищенко О.П., Черногор Т.Т. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – 88 с.
5. Ерёмин В. В. Математика в химии. – 2-е изд., испр. / В.В. Ерёмин. – М. : МЦНМО, 2016. – 64 с.
6. Збірник розрахунково-графічних завдань з вищої математики : у 2 ч. Ч. 1 / Н.О. Чікіна, І.В. Антонова, Л.О. Балака та ін. ; за ред. Н.О. Чікіної. – Х. : Підручник НТУ «ХП», 2012. – 224 с.
7. Прищенко О. П., Черногор Т. Т. Аналіз прикладів застосування диференціальних рівнянь в хімічній та харчовій технології // Вісник НТУ «ХП». – Харків : НТУ «ХП», 2018. – № 40 (1316). – с. 39 – 45.
8. Прищенко О.П., Черногор Т.Т., Бухкало С.І. Деякі особливості проведення кореляційного аналізу Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – с.320.
9. Прищенко О.П., Черногор Т.Т. Деякі особливості проведення регресійного аналізу Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Х: НТУ «ХП». – с. 319.
10. Скатецкий В.Г. Математические методы в химии: уч. пос. для студентов ВНЗ/ В.Г. Скатецкий, Д.В. Свиридов, В.И. Яшкин. Минск :ТетраСистемс, 2006. 368 с.
11. Тевяшев А.Д. Вища математика у прикладах та задачах : у 3 ч. Ч. 1 : Лінійна алгебра і аналітична геометрія. Диференціальне числення функції однієї змінної : навч. пос./А.Д. Тевяшев, О.Г. Литвин. Х.: ХНУРЕ, 2002. 552 с.
12. Бухкало С.І. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів // Інтегровані технології та енергозбереження.



- Х.: НТУ «ХПІ». 2014. – № 4. – с. 29–33.
13. Бухкало С.І. Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ППВ // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2016. – № 19 (1191). – с. 23–32.
  14. Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Using of methods of cross-correlation and regressive analysis for determination of functional dependence between sizes // Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – №15 (1340), – с. 36 – 41.
  15. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18.05.2018. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХПІ», с. 205.
  16. Бухкало С.І., Ігліні С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХПІ». № 3. – С. 52–57.
  17. Бухкало С.І., Білоус О.В., Демидов І.М. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. № 1/6(73), – с. 22–26. – Х.: Технол. центр.
  18. 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, Vol.70, (2018), – pp.2047–2052.
  19. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Вісник НТУ «ХПІ». Х.: 2020. – №5 (1359). – с. 71 – 77.
  20. Прищенко О. П., Черногор Т. Т. Використання тензорів при аналізі особливостей фізичних властивостей твердих тіл // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – №6 (1360). – с. 42 – 48.
  21. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems // Вісник НТУ «ХПІ». Х : НТУ «ХПІ», 2021. – №1 (1361). – с. 30 – 35.
  22. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
  23. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
  - vannya diferencial'nih rivnyan' v himichnij ta harchovij tehnologii/Visnik NTU «KhPI». 2018. № 40, – pp. 39–45.
  8. Prishchenko O.P., Chernogor T.T., Bukhhalo S.I. Deyaki osoblivosti provedennyi korelyacijnogo analizu Informacijni tehnologii: nauka, tekhnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej XXVII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2019, CH. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». – p.320.
  9. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Deyaki osoblivosti provedennyi regresijnogo analizu Informacijni tehnologii: nauka, tekhnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej HXVII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2019, 15-17 travnya 2019 r.: u 4 ch. CH. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kh: NTU «KhPI», p. 319.
  10. Skateckij V.G. Matematicheskie metody v himii : ucheb. posob. dlya studentov vuzov/V.G. Skateckij, D.V. Sviridov, V.I. Yashkin. – Minsk : TetraSystems, 2006. – 368 p.
  11. Tevyashev A.D. Vishcha matematika u prikladah ta zadachah : u 3 ch. CH. 1 : Linijna algebra i analitichna geometriya. Diferencialne chislennya funkciï odnicï zminnoi : navch. posib. / A.D. Tevyashev, O.G. Litvin. – Kharkiv : HNURE, 2002. – 552 p.
  12. Bukhhalo S.I. Deyaki vlastivosti polimernih vidhodiv u yakosti sirovini dlya energo- i resursozberigayuchih procesiv // Integrovani tehnologii ta energozberzhennya. – Kh.: NTU «KhPI». 2014. – No. 4, – pp. 29–33.
  13. Bukhhalo S.I. Modeli energetichnogo misku dlya utilizacii polimernoï chastki TPV // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2016. – № 19 (1191), – pp. 23–32.
  14. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Using of methods of cross-correlation and regressive analysis for determination of functional dependence between sizes/Visnik NTU «KhPI». Kh : 2019. No. 15 (1340), – pp. 36 – 41.
  15. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tehnologii: nauka, tekhnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnya 2018r. CH. II.Kh :NTU «KhPI», p. 205.
  16. Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Deyaki modeli doslidzhennya strukturno-himichnih zmin pri ekspluatacii polimernih virobiv. Integrovani tehnologii ta energozberzhennya. H.: NTU «KhPI», 2016. No. 3, – pp. 52–57.
  17. Bukhhalo S.I., Bilous O.V., Demidov I.M. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listya gorihu volos'kogo ta kalenduli. Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. 2015. No. 1/6(73), – pp. 22–26.
  18. 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, Vol.70, (2018), – pp.2047–2052.
  19. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Visnik NTU «KhPI». – Kh :2020. №5(1359), pp. 71–77.
  20. Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Viktoristannya tenzoriv pri analizi osoblivostej fizichnih vlastivostej tverdihtil/ Visnik NTU «KhPI», Kh : 2020. No.6 (1360), pp. 42 – 48.
  21. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems // Visnik NTU «KhPI». – Kharkiv : NTU «KhPI», 2021. – No. 1 (1361), – pp. 30 – 35.
  22. Bukhhalo S.I. Udokonaljuvannya metodiv ocinki znan' studentiv vishhih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014, No. 16, pp. 3–11.
  23. Bukhhalo S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tekhnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. CH. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh: NTU «KhPI», pp. 217.

## References (transliterated)

Надійшло (received) 30.09.2021

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

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

**Черногор Тетяна Тимофіївна (Черногор Татьяна Тимофеевна, Chernogor Tetyana Timofiyivna)** – старший викладач кафедри вищої математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7823-7628>; e-mail: tatyanchernogor54@gmail.com

**О. П. ПРИЩЕНКО, Н. В. ЧЕРЕМСКАЯ, Т. Т. ЧЕРНОГОР**

## ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ КОРРЕЛЯЦИОННОГО И РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

В статье рассматривается построение математической модели с помощью методов корреляционного и регрессионного анализа при определении функциональной зависимости между величинами. При изучении различных объектов исследования в лабораторных или производственных условиях возникает необходимость установления наиболее вероятных взаимосвязей и взаимозависимостей между двумя или более переменными. Иногда это бывает просто, поскольку связь легко обнаруживается или заранее известна из каких-либо теоретических предположений. Однако гораздо чаще выявление таких связей между различными показателями, факторами, признаками является чрезвычайно сложной задачей. Исследователи сталкиваются с необходимостью введения некоторой гипотезы о характере связи в виде функциональной зависимости, т.е. аппроксимации ее некоторым относительно простым математическим выражением, например, линейным уравнением или многочленом. Для поиска таких математических функциональных или структурных зависимостей между двумя или более переменными весьма полезны методы корреляционного и регрессионного анализов. Корреляционный анализ дает ответ на статистическую гипотезу об отсутствии или наличии связи между переменными с некоторой наперед заданной доверительной вероятностью. Определение функциональной зависимости между различными величинами по их экспериментальным значениям осуществляется с помощью регрессионного анализа. В его основе лежит широко известный метод наименьших квадратов. Предлагая то или иное уравнение регрессии, исследователь определяет как само существование зависимости между переменными, так и математический ее вид. Регрессионный анализ рассматривает связь между зависимой величиной и независимыми переменными. Эта связь представляется с помощью математической модели, т.е. уравнения, которое связывает зависимую и независимые переменные. Обработка экспериментальных данных при использовании корреляционного и регрессионного анализа дает нам возможность построить статистическую математическую модель в виде уравнения регрессии. Таким образом, методы корреляционного и регрессионного анализов тесно связаны между собой.

**Ключевые слова:** корреляционный анализ, регрессионный анализ, функциональная зависимость, аппроксимация, математическое выражение, линейное уравнение, коэффициент корреляции.

**O. P. PRISHCHENKO, N. V. CHEREMSKAYA, T. T. CHERNOGOR**

## CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODELS USING THE METHODS OF CORRELATION AND REGRESSION ANALYSIS

The article discusses the construction of a mathematical model using the methods of correlation and regression analysis in determining the functional relationship between the quantities. When conducting an experiment, it is often necessary to establish the interdependence between two or more quantities in order to obtain an empirical formula. In some cases, this is a simple task, because these connections are almost obvious or known in advance. As a rule, to establish the relationship between different indicators, factors and characteristics is not a trivial task. There is a need to use some hypothesis in the form of functional dependence. In other words, it is necessary to replace this functional dependence with a fairly simple mathematical expression. Such a mathematical expression can be a linear equation or a polynomial. In order to use such experimental data to determine such a mathematical or functional relationship between variables, the methods of correlation and regression analysis are used. Correlation analysis provides an answer to the statistical hypothesis of the absence or presence of a relationship between variables with some predetermined confidence probability. Determination of the functional dependence between different values on their experimental values is carried out using regression analysis. It is based on the well-known method of least squares. Proposing one or another regression equation, the researcher determines both the very existence of the relationship between variables and its mathematical form. Regression analysis considers the relationship between the dependent quantity and non-dependent variables. This relationship is represented using a mathematical model, that is, an equation that connects the dependent and independent variables. Processing of experimental data using correlation and regression analysis allows us to build a statistical mathematical model in the form of a regression equation. Thus, the methods of correlation and regression analysis are closely related.

**Key words:** correlation analysis, regression analysis, functional dependence, approximation, mathematical expression, linear equation, correlation coefficient.

**В. О. ОЛЬХОВСЬКА****ТЕХНОЛОГІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ В ПРИКЛАДАХ І ЗАДАЧАХ**

Розглянуто можливості застосування технології інформаційних комп'ютерних систем у різновидах прикладів та задач навчання студентів. Проведено та проаналізовано: аналіз складових інформаційних систем за різновидами діяльності; приклади бізнес-процесів обраної предметної області, визначення бізнес-функцій та бізнес-процесів, постановка задачі. Розроблені вимоги до інформаційної системи, та визначення функціональних вимог до інформаційної системи. Визначені критерії логічного та фізичного моделювання баз даних; розроблено UML моделювання клієнтської частини інформаційної системи. Проведена розробка вимог до функцій серверної частини та інтерфейсу клієнтської частини інформаційної системи, описані можливості проектних рішень, розроблено інтерфейс клієнтської частини системи, створено базу даних для обраної платформи; розроблені засоби збереження процедур, функції для серверної частини інформаційної системи (ІС) та інтерфейс клієнтської частини ІС. Описане математичне обґрунтування застосованого алгоритму та зроблені необхідні висновки.

**Ключові слова:** інтелектуальна власність; приклади і задачі; технологія інформаційних комп'ютерних систем; предметна область; функції та опис; висновки.

**Вступ.**

У сучасному суспільстві інформаційні технології виступають головним засобом автоматизації управлінської, промислової, наукової та інших сфер діяльності, в яких ключовим є зберігання, обробка та підтримка цілісності усієї інформації, а також автоматизація процесів. Автоматизація бізнес-процесів дозволяє зручно та швидко обробляти інформацію.

При цьому необхідно відзначити, що сучасний комп'ютер – це сукупність технічних і програмних засобів, які призначені для автоматизованої обробки дискретних даних відповідно до заданого алгоритму. Алгоритм описує процес розв'язування задачі за допомогою скінченної кількості операцій. Однією з найбільш важливих задач є експериментальне визначення показників функціонування обладнання за представленими властивостями алгоритму дії: масовість – розв'язок однотипних задач із різними вихідними даними можна здійснювати за тим самим алгоритмом, що дає можливість створювати типові програми для розв'язку задач при різних варіантах значень вихідних даних – у цій властивості укладена основна практична цінність алгоритмів; результативність – реалізація обчислювального процесу, передбаченого алгоритмом, повинна через певне число кроків привести до одержання результатів з визначеною точністю або повідомленню про неможливість розв'язку задачі; визначеність (детермінованість) – алгоритм повинен бути однозначним, що виключає довільність тлумачення кожного із приписів, а також відхилення від заданого порядку виконання; дискретність – виконання алгоритму можна розбити на послідовність закінчених неподільних операцій дій – кроків (тобто кроки не можна розділити на більш дрібні кроки). Кожна дія повинна бути завершена виконавцем перш, ніж він перейде до виконання наступної. Значення величин на кожному кроці алгоритму знаходять за певними правилами зі значень величин, отриманих на попередньому кроці. Правильність – при застосуванні алгоритму із

допустимими вхідними даними маємо отримати потрібний результат; процедура перевірки правильності алгоритму – обґрунтування правомірності та перевірка кожного з кроків, підібраних так, щоб охопити всі допустимі вхідні і вихідні дані. Ефективність – забезпечувати розв'язання задачі за мінімальний час з мінімальними витратами апаратних і програмних ресурсів [1–5].

Предметом статті є визначення прикладів та складових програмного забезпечення, яке може бути представлено, наприклад, у вигляді WEB-додатку.

**Аналіз сучасного стану питання та методи дослідження інформаційних систем.**

**Приклад 1.**

Подовжені роботи у групі студентів з метою розробки комплексних проектів НТУ «ХП» [6–20]. З метою визначення компонентів для застосування теоретичної частини дисципліни «Організація баз даних» необхідно розглянути елементи прикладу застосування інформаційного забезпечення – задачі «Облік проведення навчальних програм в лінгвістичному центрі» у певній системі управління бази даних (СУБД).

Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі має деякі особливості з визначенням термінів їх виконання (стовпчик 2, таблиця 1, діб): опис предметної області, постановка задачі, опис рішень з інформаційного забезпечення: концептуальна модель бази даних, опис робіт перетворення концептуальної моделі бази даних на логічну модель, логічна модель бази даних, SQL-скрипти створення об'єктів розробленої бази даних.

Ключові питання визначення інноваційного об'єкту: група, концептуальне моделювання, лінгвістичний центр, логічне моделювання, мова, нормалізація БД, реляційна модель, система управління і цілісність БД визначають основні складові об'єкту інформаційного забезпечення. Для БД було обрано реляційну модель – така організація інформації є найбільш наочною і доступною для розуміння користувачем.

© Ольховська В.О., 2021

Таблиця 1. Визначення складових систем інноваційного об'єкту [2–20]

Назва етапів роботи	2
Аналіз системи предметної області інноваційного об'єкту	20
Опис сутностей та зв'язків системи у вигляді різновидів задач	10
Визначення атрибутів сутностей системи та їх доменів	7
Опис науково-обґрунтованої схеми даних задачі	5
Побудова концептуальної моделі інноваційного об'єкту	7
Нормалізація відношень інноваційного об'єкту	5
Побудова логічної моделі інноваційного об'єкту	7
Розробка SQL скриптів	7

Для складання, визначення можливостей та оцінки алгоритмів загальної хімічної та харчової технології існує багато критеріїв, наприклад, алгоритм визначення раціональної роботи різновидів обладнання. Найчастіше аналіз алгоритму (або, як кажуть, аналіз складності алгоритму) полягає в оцінці витрат часу на розв'язок задачі в розрахунку на одиницю вхідних даних. Фактично, ця оцінка зводиться до оцінки кількості базових елементарних операцій, на які можна розкласти даний алгоритм, оскільки кожна така операція виконується за конкретний, відомий відрізок часу.

Складність алгоритму оцінюється також кількістю апаратних ресурсів, зокрема обсягом пам'яті, задіяної для виконання даного алгоритму. Щоб довести до користувача алгоритми в залежності від їх призначення, вони мають бути формалізовані за певними правилами за допомогою конкретних зображальних засобів. Засоби, що використовуються для запису алгоритмів, значною мірою визначаються тим, для якого виконавця призначається алгоритм. Якщо алгоритм призначений для виконавця-людини, то його запис може бути не повністю формалізований, у цьому разі головне в формі запису – це наочність і зрозумілість. Для запису алгоритмів, призначених для реалізації на ЕОМ, необхідна строга формалізація. До основних зображальних засобів алгоритмів належать такі способи їх запису: словесний, формульно-словесний, схеми алгоритмів, мова операторних схем, НІРО-схеми, псевдо-коди, мови програмування. При словесному способі запису алгоритму кожна операція перетворення формулюється природною мовою у вигляді правила. Правила нумеруються, щоб мати можливість на них посилатися, і зазначається порядок їх виконання. Алгоритм у вербальній формі може виявитися дуже об'ємним і важким для сприйняття. Формульно-словесний спосіб запису алгоритму ґрунтується на завданні інструкцій про виконання конкретних дій у певній послідовності з використанням математичних символів і виразів зі словесними поясненнями – він більш компактний і наочний в порівнянні зі словесним, але не є строго формалізованим. Даний спосіб прийнятий під час опису різного роду

математичних викладок, наприклад математичний опис процесу – легко зчитується і буде зрозумілим багатьом фахівцям без спеціальної підготовки.

**Приклад 2.** Формулювання завдання апроксимації даних для опису експериментальних залежностей роботи обладнання і отримання емпіричних моделей процесів нерозривно пов'язане з рішенням завдання апроксимації для нелінійних і лінійних за параметрами моделей. Аналітичний і алгоритмічний підходи для вирішення завдання апроксимації для лінійних і лінеаризованих моделей методом найменших квадратів широко відомі для застосування у цих випадках. Псевдокод – мова, що нагадує мову програмування, але використовується для опису програми в загальних рисах, зображає один з методів складання програм. Псевдокод являє собою систему позначень і правил, призначену для одноманітного запису алгоритмів. Він займає проміжне місце між природною і формальною мовами. Псевдокод близький до звичайної природної мови, тому алгоритми можуть на ньому записуватися і зчитуватися як звичайний текст. З іншого боку, в псевдокоді використовуються деякі формальні конструкції і математична символіка, що наближає запис алгоритму до загальноприйнятого математичного запису. У псевдокоді не прийняті строги синтаксичні правила для запису команд, властиві формальним мовам, що полегшує запис алгоритму на стадії проектування і дає можливість використати ширший набір команд, розрахований на абстрактного користувача. Проте в псевдокоді є деякі конструкції, властиві формальним мовам, що полегшує перехід від запису на псевдокоді до запису алгоритму формальною мовою. У псевдокоді, так само як і в формальних мовах, є службові слова, значення яких визначене раз і назавжди. Єдиного або формального визначення псевдокоду не існує, тому можливі різні псевдокоди, що відрізняються набором службових слів і основних конструкцій. Формулювання гіпотез, побудова математичного опису, розробка алгоритму, перевірка адекватності моделі і ідентифікація їх параметрів, розрахункові дослідження (обчислювальний експеримент); складання систем рівнянь математичного опису процесів і розробка алгоритмів їх вирішення пов'язані з особливостями визначення роботи обладнання.

**Приклад 3.** Сьогодні у багатьох країнах світу, у тому числі і в Україні, в зв'язку з коронавірусом набувають популярність онлайн-магазини, які мають переваги у порівнянні зі звичайними.

Онлайн-покупки економлять час і можуть здійснюватися цілодобово. Покупець у зручний йому час може зробити замовлення в магазині, не виходячи з дому, не витрачаючи час і не піддаючи своє здоров'я небезпеці, відвідуючи багатолюдні місця. Завдяки цьому у продавця є можливість в будь-який момент отримувати прибуток, а не залежати від годин роботи магазину.

Інтернет-магазин є вдалим рішенням не лише для покупців, а й для власників через можливість електронного обліку продажів, проведення аналізу цільової аудиторії, популярності тієї чи іншої позиції. Це сприяє отриманню більш повноцінної інформації щодо продажів.

Об'єкт дослідження – процес автоматизації замовлення та обліку замовлень у інтернет-магазині.

Предмет дослідження – інформаційні системи, програмні методи розробки та створення програмного забезпечення для клієнтської та серверної частини інформаційної системи, що дозволяє автоматизувати бізнес-процеси у Outlet-магазині.

Мета роботи – розробити веб-додаток для інформаційної системи «Outlet- магазин».

Методи дослідження – аналіз процесів інтернет-магазину, опитування викладачів, які мають досвід в процесах навчальних програм, аналіз допоміжної літератури та методи проектування баз даних. CASE засоби проектування систем, методи концептуального і логічного проектування баз даних, методи розробки реляційних баз даних, методи проектування інтернет-додатків з використанням об'єктно-орієнтованого програмування (табл. 2, рис. 1).

Таблиця 2 – Складові дослідження за темою проекту

№	ЗМІСТ
1	ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ: аналіз предметної області
2	ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ: 2.1. Визначення основних бізнес-функцій інформаційної системи; 2.2. Визначення функцій інтерфейсу клієнтської частини інформаційної системи.
3	ОПИС АЛГОРИТМІВ: розробка серверної частини інформаційної системи.
4	ФУНКЦІОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗГІДНО СТАНДАРТУ IDEF0
5	ЛОГІЧНЕ І ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДАНИХ: 5.1. Створення і заповнення баз даних; 5.2. Розробка підтримки цілісності даних; 5.3. Реалізація бізнес-функцій інформаційної системи на стороні сервера MySQL
6	РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛІЄНТСЬКОЇ ЧАСТИНИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.
7	ТЕСТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
7	ВИСНОВКИ

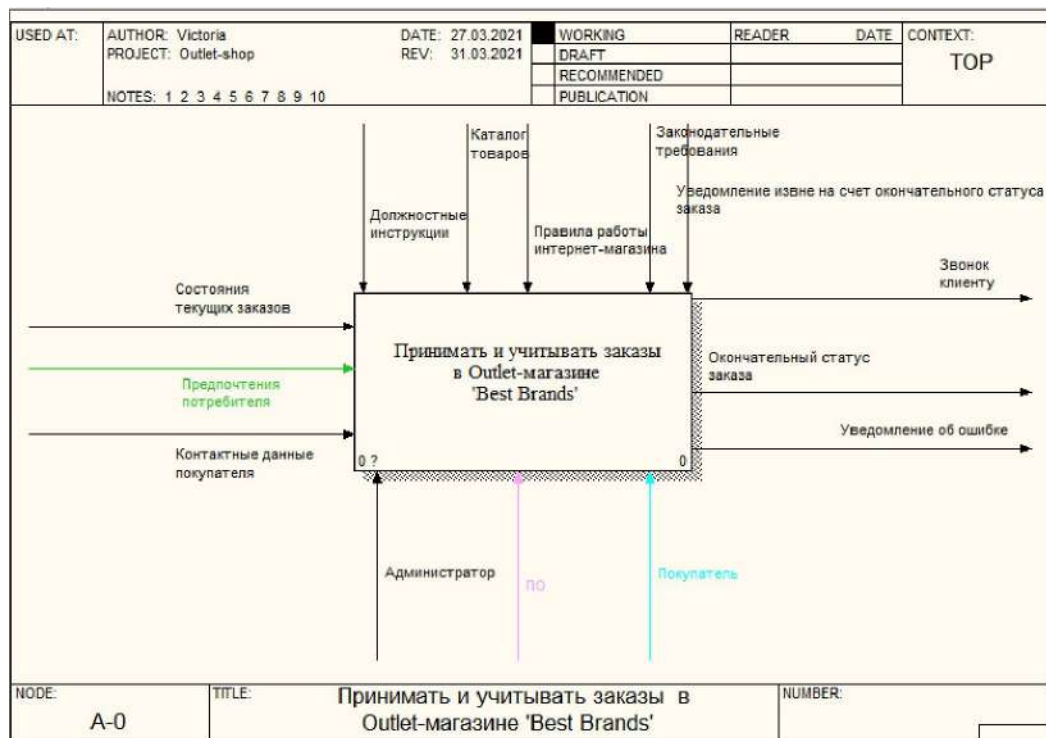


Рис. 1 – Контекстна діаграма головного бізнес-процесу (A-0) за темою проекту

Результат розробки – проаналізована предметна область для інтернет-магазину. В процесі аналізу інформаційної системи було проведено функціональне моделювання згідно стандарту IDEF0 та логічне і фізичне моделювання згідно стандарту

IDEF1X. Розроблено діаграми UML-моделі та проведена розробка та проектування клієнтської і серверної частин інформаційної системи магазину.

Галузь застосування – технічна підтримка для Outlet-магазину.

На етапі логічного та фізичного моделювання використовується стандарт IDEF1X. На цьому етапі проектується модель БД інформаційної системи. Для побудови структури логічної моделі даних використовується додаток Erwin. Використовуючи пункти меню «Entity» та «Relationship» будується логічна модель даних. Контролюючи усі типи відношень, а саме M:M, 1:M, 1:1 у пункті відношень (Relationship properties...) визначаються усі обмеження та властивості відношень. У пункті «Entity attributes» додаються атрибути сутностей та визначаються первинні ключі. У вкладці «Constraints» додаються обмеження різного роду, такі як (Not null, greater than zero) та інші. Після завершення побудови логічної моделі даних вона експортується у додаток Brwin.

У додатку Brwin використовуючи властивість Argow Data та Data Usage кожному блоку та стрілкам ставиться у відповідність сутність або атрибути із бази даних з якою вони пов'язані. Результатом є функціональна модель.

У програмі ERwin створені логічна та фізична моделі. Спочатку створено сутності, також створені атрибути кожної сутності, введені ключові атрибути та визначені їх параметри. Встановлені обмеження посилальної цілісності

Інформаційна система включає в себе наступні прецеденти (рис. 2):

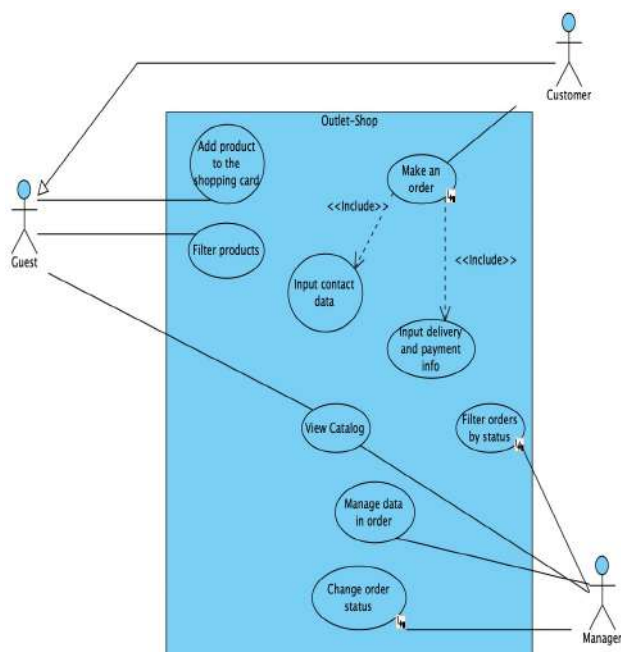


Рис. 2 – Use Case Diagram

Діаграма послідовності дозволяє проектувати послідовність подій, необхідних для забезпечення необхідного поведіння і досягнення результату.

Прецедент «make an order» починається з того, що потенціальний клієнт, який має не пустий кошук, вже має намір зробити заказ.

При побудові діаграми станів для класу, який під час функціонування інформаційної системи має різні стани – це заказ, а саме його статус. Було виділено наступні можливі значення статусу бронювань:

– потенційний заказ, який покупець тільки що оформив, та чекає на підтвердження;

– адміністратор зв'язується з покупцем для підтвердження заказу. Покупець або підтверджує замовлення заказу, або відмовляється від нього, або ж адміністратор відмінює заказ за причинами того, що чогось не має в наявності, та далі адміністратор змінює статус заказу на відповідний – «Підтвержен» або «Скасован»;

– адміністратор відправляє заказ на обробку зовнішніми системами, які відповідають за обробку, збір, відправку та доставку заказу. Після того, як зовнішні системи починають обробку, статус заказу змінюється на «Заказ на обробці»;

– після того, як заказ прибуває на пошту до покупця, покупець або забирає заказ, або відмовляється від нього статус заказу «Виконан» або «Скасован».

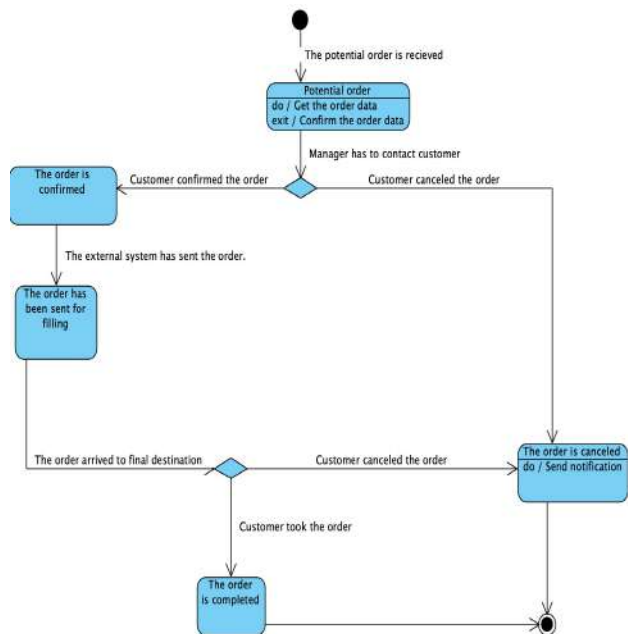


Рис. 3 – Діаграма станів для сутності «Заказ»

Діаграми діяльності у загальному вигляді можна представити складовими – це технологія, що дозволяє описувати логіку процедур, бізнес-процеси і потоки робіт. В багатьох випадках вони нагадують блок-схеми, але принципова різниця між діаграмами діяльності і нотацією блок-схем полягає в тому, що перші підтримують паралельні процеси. Процес «Змінити статус заказу» має наступний алгоритм виконання:

– покупець завершує процес «оформити заказ», після чого в системі створюється новий потенційний заказ;



– адміністратор зв'язується з покупцем для підтвердження замовлення: покупець або підтверджує замовлення, або відмовляється від нього, або ж адміністратор відмінює заказ за причинами того, що чогось не має в наявності, та далі адміністратор змінює статус заказу на відповідний;

– адміністратор відправляє заказ на обробку зовнішніми системами, які відповідають за обробку, збір, відправку та доставку заказу;

– інформація зі сторінки оформлення бронювань передається системі бронювань, що спершу перевіряє валідність отриманих даних від користувача;

– після того, як заказ прибуває на пошту до покупця, він або забирає заказ, або відмовляється;

– якщо покупець забирає заказ, то він виконан, якщо ні, то статус заказу – скасован.

Наприкінці відображається оновлена сторінка з кінцевим статусом заказу. За розробленим при виконанні завдання алгоритмом було виділено основні дії, що треба виконати, та на їх основі була побудована діаграма діяльності для процесу «Змінити статус заказу» – наведено на рисунку 4.

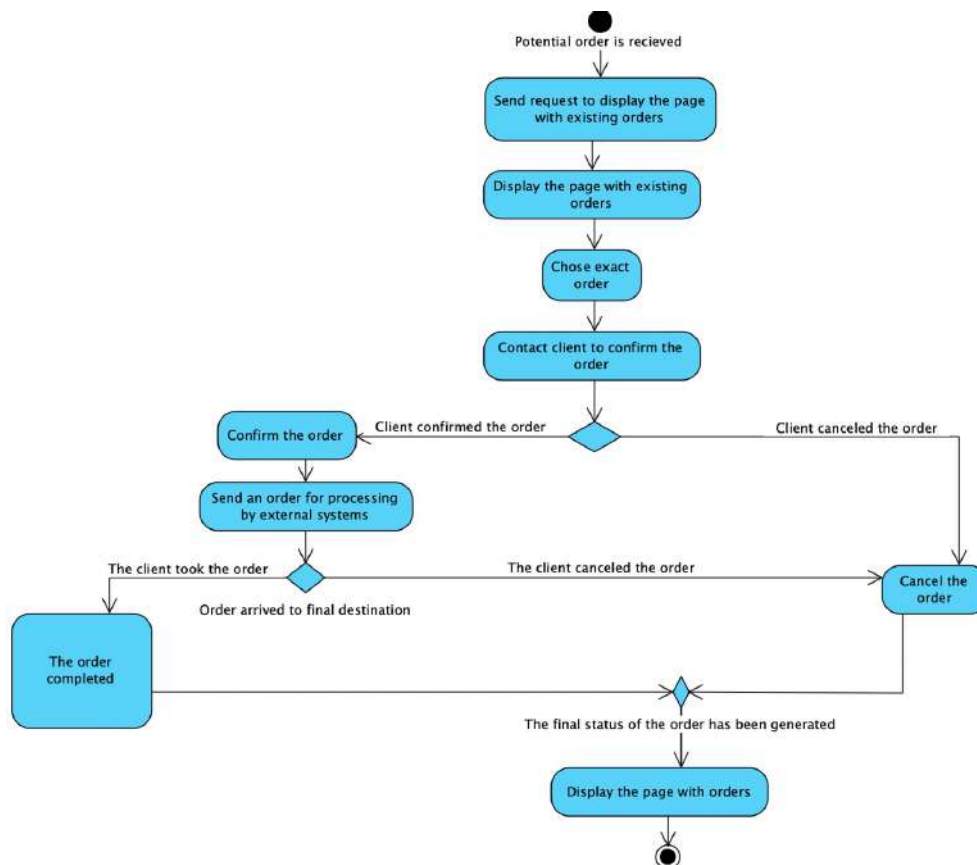


Рис. 4 – Діаграма активності для процесу «Змінити статус заказу»

Проведено тестування системи, у ході якого не було виявлено жодних помилок в роботі програми. Опис програмного забезпечення складається з функціональної структури програмного забезпечення та опису функцій частин програмного забезпечення (користувацькі та стандартні).

**Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.** Тестування розробленого програмного забезпечення – останній та дуже важливий етап розробки. Він дозволяє переконатися, що ІС розроблена вірно та усі дані заносяться у БД як і потрібно. Завдяки тестуванню можливо перевірити, що бізнес-процес працює вірно, та усі дані відображаються як треба. Аналіз дослідженої експлуатації системи та варіантів використання ІС у якості Web-додатку, відповідає

усім вимогам, він пройшов тестування та перевірку усіх даних та функціоналу. Головний бізнес-процес автоматизовано, що дозволяє покупцям робити покупки онлайн, а адміністраторам слідкувати за заказами. Інформаційна система в майбутньому може бути приведена з урахуванням усіх складових, а також вона може бути вдосконалена та до неї буде доданий новий функціонал. Тестування програмного забезпечення проходить за планом. Система призначена для застосування на промислових лініях підприємств, що займаються різновидами співпраці з системами реалізації продукції і є прикладом створення інтелектуальної власності студентами, аспірантами і викладачами [7–20].

#### Список літератури

1. Бухало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні

- технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. Х.: Ч. II, / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 201.
2. 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 міжн. н/практ. конф. (MicroCAD-2020) 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 250.
  3. Ольховська В.О. Особливості алгоритму роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжн. н/практ. конф. (MicroCAD-2020) 28-30 10 2020 р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХПІ». С. 251.
  4. Кравченко О.С., Бухкало С.І. Загальна технологія визначення системи технічного зору для комплексних проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». С. 277.
  5. Кравченко О.С. Складові технології визначення системи технічного зору для комплексних проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 05. 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». С. 276.
  6. S. Bukhkalov, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 05 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». С. 205.
  7. S. Bukhkalov, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». С. 206.
  8. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhkalov, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaf and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
  9. 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 «ХПІ». С. 208.
  10. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
  11. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
  12. Прищенко О.П., Черногор Т.Т., Бухкало С.І. Деякі особливості проведення кореляційного аналізу. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 : у 4 ч. Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХПІ». 320 с.
  13. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O. Complex projects development problems, Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 193.
  14. Бухкало С.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах (прикладні тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник з грифом МОН / С.І. Бухкало – К.: ЦНЛ, 2019. – 108 с.
  15. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглінін С.П., Мірошніченко Н.М. та ін. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». 342 с.
  16. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Химич О.Ю. и др. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов. Вісник НТУ «ХПІ». 2012, № 10, с. 74–78.
  17. Бухкало С.І. Деякі моделі процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену. Вісник НТУ «ХПІ». 2017. № 18 (1240), с. 35–45.
  18. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХПІ». 2015. № 7 (1116), с. 103–108
  19. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P. 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
  20. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічно-безпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2018. – № 18(1294), с. 36–44.

#### References (transliterated)

1. Bukhkalov S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 05 2018r. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI», p. 201.
2. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhkalov S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonmirnostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhn. n/prakt.konf. (MicroCAD-2020) 28-30 zhovtnja 2020 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 250.
3. Ol'hov's'ka V.O. Osoblivosti algoritmu roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhn. n/prakt.konf. (MicroCAD-2020) 28-30 zhovtnja 2020 r.Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI», p. 251.
4. Kravchenko O.S., Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija viznachenja sistemi tehničnogo zoru dlja kompleksnih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II / za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI», p. 277.
5. Kravchenko O.S. Skladovi tehnologij viznachenja sistemi tehnologičnogo zoru dlja kompleksnih proektiv. Informacijni tehn: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI», p. 276.
6. S. Bukhkalov, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 05 2018r. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI», p. 205.
7. S. Bukhkalov, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Informacijni tehnologii: nauka,

- техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI мізхн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 05.2018r. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 206.
8. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, 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.
  9. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hovs'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: тези доповідей XXVI мізхн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018r. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 208.
  10. Bukhhalo S.I. Udoskonaljvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishhij navchal'nih zakladiv. *Visnik NTU «KhPI»*. Kh.: NTU «KhPI». 2014, No. 16, pp. 3–11.
  11. Bukhhalo S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: тези доповідей XXVII Mizhn. n-prakt. konf (MicroCAD-2019), 2019: Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 217.
  12. Prishhenko O.P., Chernogor T.T., Bukhhalo S.I. Dejaki osoblivosti provedennja koreljacijnogo analizu. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: тези доповідей XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 : u 4 ch. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 320.
  13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O. Complex projects development problems, Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: тези доповідей XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019r.: Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. Kh.: NTU «KhPI», p. 193.
  14. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovih virobniectv u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2, [tekst] pidruchnik z grifom MON. K.: Centr navchal'noi literaturi, 2019. – 108p.
  15. Sirku M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M. ta in. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: тези доповідей XXVII мізхн. н-пр. конф. MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019r. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. Kh.: NTU «KhPI», p. 342.
  16. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Himich O.Ju. i dr. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predprijatij po pererabotke othodov. *Visnik NTU «KhPI»*. 2012, No. 10, pp. 74–78.
  17. Bukhhalo S.I. Dejaki modeli procesiv himichnogo spinjuvannja vtorinnogo polietilenu. *Visnik NTU «KhPI»*. 2017. No. 18 (1240), pp. 35–45.
  18. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. *Visnik NTU «KhPI»*. 2015. No. 7 (1116), pp. 103–108
  19. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P. Innovative complex projects 2018/2019 realization in the examples and tasks. *Visnik NTU «KhPI»*. 2019. – No. 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
  20. Bukhhalo S.I. Sinergetichni modeli dlja ekologichno-bezpechnih procesiv identifikacii-klasifikacii vtorinnih polimeriv. *Visnik NTU «KhPI»*. 2018. – No. 18, pp. 36–44.

*Надійшла (received) 19.10.2021*

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

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

**V. O. OLKHOVSKA**

#### **TECHNOLOGY OF INFORMATION COMPUTER SYSTEMS IN EXAMPLES AND PROBLEMS**

Possibilities of application of information computer systems technology in kinds of examples and tasks of students' education are considered. Conducted and analyzed: business processes of the selected subject area, definition of business functions and business processes, problem statement. Developed requirements for the information system, and definition of functional requirements for the information system. Criteria for logical and physical modeling of databases are defined; developed UML modeling of the client part of the information system. Development of requirements to the functions of the server part and the interface of the client part of the information system, described the possibilities of design solutions, developed the interface of the client part of the system, created a database for the selected platform; developed tools for saving procedures, functions for the server part of the information system (IS) and the interface of the client part of the IS. The mathematical substantiation of the applied algorithm is described and the necessary conclusions are made.

**Key words:** intellectual property; examples and problems; computer information systems technology; subject area; functions and description; conclusions.

**В. О. ОЛЬХОВСКАЯ**

#### **ТЕХНОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ**

Рассмотрены возможности применения технологии информационных компьютерных систем в разновидностях примеров и задач обучения студентов. Проведены и проанализированы бизнес-процессы выбранной предметной области, бизнес-функций и бизнес-процессов, постановка задачи. Разработаны требования к информационной системе и определению функциональных требований к информационной системе. Определены критерии логического и физического моделирования баз данных; разработано UML моделирование клиентской части информационной системы. Произведена разработка требований к функциям серверной части и интерфейсу клиентской части информационной системы, описаны возможности проектных решений, разработан интерфейс клиентской части системы, создана БД для выбранной платформы; разработаны средства хранения процедур, функции серверной части и интерфейс клиентской части ИС. Описаны математические обоснования применяемого алгоритма и сделаны необходимые выводы.

**Ключевые слова:** интеллектуальная собственность; примеры и задачи; технология информационных компьютерных систем; предметная область; функции и описание; выводы.

*N.V. KONDRATIUK, A. M. SAVCHENKO, A. Yu. CHERNIAVSKA, K.I. SYTNYK*

## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND THE POTENTIAL OF DRINKS WITH «ANTI-AGE» EFFECT**

Modern trends in the creation of drinks provide for the use of various infusions, plant extracts, as well as vitamin and mineral complexes, organic acids and polysaccharides as part of their bases, which allows to ensure the normalization of physiological and metabolic processes in the human body and prevent a number of diseases and syndromes that lead to a decrease in working capacity. The main problems in the creation of various drinking forms are associated with the purification and preparation of water, the dissolution of components and their possible interaction with each other in the packaging unit during storage. Considering the above, it is relevant to create dry concentrates of health-improving drinks with long shelf life. The developed approach and technology is a promising form of drinks to improve the living standards of the population of Ukraine and other countries. The developed products will improve immunity, prevent a number of nutritional diseases, improve dietary intake during diet therapy and help restore micronutrient balance in the human body. It has been established that the physiological value of dry drinks according to the described production method is preserved in finished product forms (sticks with a metallized backing, sachets, sachets with a "zip-fastener" and a metallized inlay, plastic cans with a screw cap and with polymer backing as a control against preliminary opening) the entire recommended shelf life is from 12 to 24 months. The mixture is a convenient form for transportation and preparation. When diluted in liquid media (purified drinking water, mineral water, milk, fermented milk drinks, drinks based on plants, cereals, legumes, tea, coffee, cocoa), the specified functional properties are preserved and improved due to the activation of biologically active substances contained in the mixture and dilution media. The novelty of individual technological solutions and the indicated physiological and functional properties lies in the use of extracts of plants, fruits, berries, vegetables, as well as additionally introduced vitamins, mineral salts, amino acids, hydrolysates and isolates of plant proteins, natural bioenhancers and bioactiators with unique anti-age effects.

**Key words:** dry concentrates, drinks, cocktails, anti-age effect, technologies

### **Introduction.**

The problem of improving the structure of nutrition, quality and safety of food as the basis of human life is today one of the most important both within one country and the planet as a whole. Nutritionists' research shows that in modern society, nutrition only according to traditional canons inevitably leads to certain types of food insufficiency [1]. The reasons for this are well known - protein deficiency, lack of vitamins and other macro- and micronutrients, consumption of refined foods, widespread use of various food ingredients that have no biological value.

Aging is a process in which tissues and organs begin to enter the stage of degenerative changes after growth, development and maturity of the organism, accompanied by a gradual decrease in physiological functions [2]. Poor or irrational nutrition in combination with chronic stress affects a person's appearance, especially on the skin. Yes, a lack of vitamins in the body can cause dull skin, weaken hair and reduce nail strength. In such cases, the real salvation is the use of dietary supplements, called nutricosmetic, used to maintain the structure and functions of the skin. Nutricosmetic products are taken orally in solid form (tablets, capsules) and in liquid form (shot-drinks, liquid concentrates that need to be diluted with water, drinks in packing units with a volume of 150 to 500 ml). Vitamins (A, B6 and E), sterol esters, coenzyme Q10, omega-3 fatty acids, lycopene, soy isoflavones, probiotic microorganisms, provitamin beta-carotene, chondroitin and lutein are considered to be bioactivators of recovery processes in the dermis. These substances are able to protect the dermis from inflammatory processes, damage from ultraviolet light. They have high antioxidant activity, controlling and neutralizing the action of free radicals formed as a result of biochemical reactions.

Nutricosmetics are food products based on biologically active substances and their complexes, which rejuvenate and protect the skin, hair and nails from intense age-related changes, provide fast transformations and restore functions derm.

Currently, the market of nutricosmetics based on omega-3 fatty acids and carotenoids is the fastest growing segment. However, along with the increasing share of innovative nutricosmetics, there is a filling of the market with cheap drugs of low quality, questionable origin, composition and action on the human body. All this reduces the positive perception of consumers about nutricosmetic products and reduces demand for them.

Some of the key factors that can stimulate market growth are the promotion of scientific approaches to the creation of nutricosmetics to increase public awareness and confidence in their usefulness, as well as the development of technologies for new forms of consumption that are more in demand in market niches.

Functional drinks have long been sales leaders in world markets. The dynamics and transformation of drinking forms is constant and growing. Manufacturers model different ingredient compositions, organoleptic profiles, modify design and packaging, thereby responding to every changes in society. Drinks are very easy to adapt to different standards, social and economic effects, as well as to health-related tasks.

The latest innovation in the presentation of nutricosmetics was shot-drinks - drinks that are made and sold to the public in the form of bottles (PET bottles) with a volume of 50... 100 ml.

© Кондратюк Н.В., Савченко А.М., Чернявська А.Ю., Ситник К.І., 2021

Therefore, the purpose of this article is to describe scientific approaches and analysis of factors for the development of shot-drink technology that effectively regulates the aging process of the body in order to slow them down.

#### **Analysis of literature data and problem statement.**

The problem of aging has become a major factor in shaping the strategy of production of beverages with «anti-age» effect.

The benefits of drinking such drinks are increasingly influencing the awareness of the individual's ability to promote beauty from within [3]. With age, the hormonal background changes, there are signs of photoaging, due to natural gravity sagging tissues, reduced rate of recovery of skin cells and all metabolic processes in the dermis. Less and less anti-aging substances are produced. For example, already at the age of 35 the content of coenzyme Q10 decreases almost four times. The amount of hyaluronic acid, collagen and elastin, which maintain moisture, elasticity and density of the skin, decreases by 10–12 years earlier. Therefore, moisturizing and nourishing the skin should be maintained at all times, especially with age and especially inside [4]. Anti-aging medicine is a field based on the advanced achievements of genetics, endocrinology, oncology, immunology, nutrition, nutrition therapy, cosmetology and other related fields. This achieves a key effect: improves the quality of life - both physically and psychologically [5].

The phenomenon of population aging is due to a number of reasons. Changes in skin aging include uneven pigmentation, thinning skin, loss of elasticity and strength. As a result, wrinkles and rough texture of the dermis appear.

Ukraine is one of the fastest aging countries in the world. According to forecasts, the share of people over 60 in the total population by 2051 will increase from 20% to 33%. Such trends necessitate the use of increasing resources to maintain the quality of life of the population aged 30-40 years and indicate the need to improve socio-economic policy taking into account demographic trends, including the development of new products with «anti-age» effect [6].

Two types of skin aging have different sources: internal and external; however, their results become synergistic, leading to outdated skin.

External aging is caused by controlled factors and occurs with varying degrees of intensity, due to the negative effects of ultraviolet light, stress, bad habits, poor and unbalanced diet, sleep and rest disorders, deteriorating health [7].

The beverage market is characterized by high competition. Consumers expect non-trivial decisions regarding the composition and organoleptic characteristics. Attractive appearance of packaging and labels, pleasant color and aroma, low calorie and no sugar – these are additional opportunities to use this development to meet the needs of consumers. Therefore, their implementation requires a complex cooking

technology that guarantees the optimal implementation of any color, taste and, of course, the stability of the finished product. In addition, one of the regulating factors of demand and sales is the taste, which is formed due to the content of food acids, sweeteners and plant extracts and / or amino acids; consistency caused by gelling agents of polysaccharide and protein nature, as well as water quality and methods of water treatment.

#### **Presentation of the main material of the study**

Modeling of beverages with «anti-age» effect was carried out based on analytical study of the properties of components and their chemical composition, taking into account the quantitative content of biologically active substances that does not exceed acceptable daily norms and provides preventive and / or therapeutic effect. The content of additionally introduced vitamins and mineral compounds did not exceed 50% of the recommended daily norms of physiological needs of the population in basic nutrients (Order of the Ministry of Education and Science № 1073 of 03.09.2017). Synergistic effects were also taken into account.

Collagen is a structural protein, a building material for connective, bone and cartilage tissues. It is a basic component of the heart muscle, blood vessels, and muscle tissue. Responsible for skin turgor, elasticity, resilience, density and shine of hair, nail strength, smoothness and freedom of movement and good posture, ie for signs of external beauty. In addition, collagen improves tissue regeneration.

In nature, there are up to 16 types of collagen, each of which contains a different set of amino acids and plays a role in the body. Experts identify four main types of collagen:

- type I: the most studied and present in the human body form (about 90% of all collagen contained in the human body). This type of collagen is involved in the formation of skin, bones, tendons, teeth, blood vessels and connective tissue;

- type II: has a lower density than collagen type I and is the basis of cartilage, giving flexibility and strength to the joints;

- type III: the second most common type of collagen in the body, the main function of which is to maintain the structure of muscles, blood vessels, large arteries, internal organs, including the intestines; forms the structure of collagen fibers of type I.

- type IV. It is the main component of the basement membranes - the deep layer of skin that connects the dermis and epidermis. In addition, type IV collagen is involved in the «construction» of the lens of the eye. This protein is not able to form collagen fibers. Unlike the first three types, it belongs to the class of non-fibrillar collagen and exists in the form of a thin three-dimensional lattice network [8].

Hyaluronic acid (HA) is an important component in the human body because it has unique physicochemical and biological properties, including biocompatibility and high hydrophilicity.

One of the important functions of HA in the joints is the binding of water, as a result of which the



intercellular fluid acquires the state of a jelly-like matrix. Biocompatibility with collagen fibers, other proteins and components of the intercellular fluid allows you to create a so-called «buffer layer», which determines the strength and elasticity of connective tissues [9].

With a sufficient level of hyaluronic acid, the skin is saturated with moisture and has good elasticity. But over time, the signs of aging are becoming more common, primarily due to the negative effects of ultraviolet light, lack of water in the body, eating disorders and skin care. The synthesis of HA is slowed down, as in the case of collagen. The skin becomes drier and wrinkles are formed.

It is well known that the deficiency of collagen and hyaluronic acid in the body can be supplemented with food and dietary supplements.

Fish collagen is a protein obtained during the processing of scales and skin of deep-sea fish. It is easily absorbed in the intestines and enters the circulatory system, is absorbed one and a half times faster than animal and vegetable. Due to the optimal (low) molecular weight and similarity of chemical composition with human protein, fish collagen belongs to the first and third types of collagen and has a number of useful properties:

- stimulates the natural formation of collagen in the body;
- maintains skin moisture, increasing its elasticity and resilience;
- smoothes fine wrinkles and prevents new ones;
- has a positive effect on the state of the musculoskeletal system [10].

Green tea helps to rejuvenate the body, slows down the aging process, stops the destruction of collagen fibers [11]. Due to the high content of antioxidants, phenolic compounds or tannin-catechin mixture (TCS), caffeine, theobromine, theophylline, essential oils, vitamins (P, C, B1, B2, K, U, PP, etc.) stimulates the brain, reduces the likelihood of development cancer and type 2 diabetes, strengthens the cardiovascular system, helps to normalize weight [12–14].

Grapes, blueberries – contain natural antioxidants that have a powerful rejuvenating effect, protect the skin from the negative effects of free radicals and the environment, even out complexion, remove pigmentation. In addition, grapes are a source of natural flavonoid - quercetin, a powerful bioactivator of brain activity and neutralizer of age-related changes in the brain. Hyaluronic acid is also part of grapes and makes the berry even more focused on rejuvenation [15, 16].

Licorice root contains glycyrrhizic acid (up to 22%), flavonoids (up to 4.0%), organic acids (up to 4.6%), minerals and others. Glycyrrhizic acid has an anti-inflammatory effect, is an effective tool in the fight against colds, infectious diseases, as it inhibits the replication of viruses by stimulating the activity of interferons [17].

Glycyrrhizic acid is 40 times sweeter than sugar, gives the finished drink a pleasant taste and caramel

color and puts them in the category of low-calorie. Glycyrrhizin is one of the most powerful bioenhancers (enhancers of the bioavailability of many organic nutrients).

Vitamin C is the strongest antioxidant and immunomodulator, which protects lipoproteins from oxidation and stimulates interferon synthesis, delays the conversion of glucose to sorbitol, accelerates wound healing, affects the synthesis of a number of hormones, regulates hematopoiesis and normalizes capillary permeability. Vitamin C is actively involved in collagen synthesis, regulates metabolism, rids the body of toxins, prevents oxidation of cholesterol and its deposition on the walls of blood vessels (antiatherosclerotic effect), helps fight the body with dermatological and allergic problems, improves skin condition, slows aging [18].

Sucralose is a sweetener that is 600 times sweeter than sucrose. The method of production of sucralose is the chlorination of sucrose by replacing the hydroxyl groups on chlorine atoms. Due to this modification, the properties of the substance change very much, but it retains a taste identical to sugar, without any unpleasant taste and aftertaste. Sugar substitute is characterized by high solubility in water and stability during heat treatment [19]. Products made with the addition of sucralose are safe to consume, which has been confirmed by numerous studies [20]. The positive effect on the body is due to the zero glycemic index, lack of calories, which allows the use of sucralose in products for diabetics [21].

Beta-carotene is a vital element - provitamin A, a natural dye of orange and yellow. It has antioxidant properties that help ensure healthy skin, hair and nails. Studies show that a diet rich in phytochemicals (including beta-carotene) helps to strengthen the skin's defenses against the sun's ultraviolet radiation. Due to this protection, the skin retains its elasticity, and sun damage (including small and deep wrinkles and freckles) is reduced [22]. Beta-carotene helps prevent acne and skin rashes, promotes cell renewal.

The developed technology of shot drinks, which have a balanced macronutrient composition and reduced nutritional and increased biological and physiological value, consists of the following stages:

And – reception and preparation of dry components; dosing and mixing of components;

II – water preparation, pasteurization at 80-85 °C for 20-25 minutes;

III – adding the dry mixture to the prepared water; homogenization to the formation of a colored homogeneous consistency solution, which allows small insoluble particles of plant extracts;

IV – filtering the finished drink, dosing into the packaging, screw cap, labeling, packaging, storage.

Extracts and powders of plants and berries are obtained ready-made from the manufacturer. Other dry components and water are from suppliers. The prepared dry mixture is sifted through a sieve and dosed into a boiler-homogenizer with prepared water and with

moderate stirring pasteurize the solution at 80-85 °C for 10–15 minutes.

This method ensures the stability of biologically active substances that have the ability to destroy at high temperatures, prevents the emergence of opportunistic and pathogenic microflora, provides stability during long-term storage for 12–18 months.

The introduction of dry components into the homogenizer-mixer is carried out in the following sequence: first load the dry matter in the maximum percentage according to the proposed recipes, then add fruit and berry powders and plant extracts, then all other dry recipe components. The components are thoroughly mixed, after which the resulting mixture is unloaded from the homogenizer-mixer into prepared and aseptically treated containers and sieved.

Shot-drinks are a homogeneous solution with unhigh viscosity and flavor, which provides a pleasant experience of consumption. The color is uniform throughout the volume.

### Conclusions and prospects for further development of this area.

1. Based on the results of analytical studies, it is established that the problem of aging is spreading rapidly to different segments of the world, especially in Ukraine, so the development of products high in collagen, hyaluronic acid, low calorie is justified and necessary for prevention aging and various diseases associated with a lack of nutrients that are components of shot drinks.

2. The expediency of introducing raw materials, characterized by antioxidant properties and "anti-age" effect, into the composition of functional drinks is shown.

3. It is established that shot drinks can serve as a semi-finished product or supplement for a number of dishes in restaurants and at home, namely:

- the basis for the preparation of health dishes and drinks by diluting detox waters, mineral and table waters, tea, fruit drinks, lemonades, punches, smoothies, fresh juices, etc., which will benefit the development of the range of health dishes;

- Shot-drinks can be a good addition to sweet dishes and desserts as a topping for jellies, mousses, sambuca, curds, creams, cheesecakes, ice cream, etc. ; or dressings for fruit salads.

Drinks are recommended as a supplement to the main diet, including that formed during diet therapy. The duration of reception depends on the degree of aging, but it is necessary to consume at least one shot daily in the morning or evening for at least 14–30 days. After that, you can reduce the reception - on alternate days, or take a short break of 10 days and repeat the course again or twice. After that, you can consume shot-drinks 2–3 times a week for 6–12 months.

The developed drinks contain a balanced micro- and macronutrient composition, high content of antioxidants and bioflavonoids and proteins that promote anti-aging processes, improve muscle growth, fill the body with energy and give a good mood.

The conducted researches allow to recommend the developed drinks-shots with «anti-age» effect to the diet of those who adhere to diets, do sports and fitness and maintain their beauty and youth.

### Список літератури

1. Ципріяні В. І. *Гігієна харчування з основами нутриціології: підручник*. Київ: Медицина, 2007. 528 с.
2. Zhu, Y., Yu, X., Ge, Q., Li, J., Wang, D., Wei, Y., & Ouyang, Z. Antioxidant and anti-aging activities of polysaccharides from *Cordyceps cicadae*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. Vol. 157. P. 394-400. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.163>
3. Catarina Faria-Silva, Andreia Ascenso, Ana M. Costa, Joana Marto, Manuela Carvalheiro, Helena Margarida Ribeiro, Sandra Simões. Feeding the skin: A new trend in food and cosmetics convergence. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 95. P. 21-32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.015>
4. *Что нужно знать об антиэйдж-средствах от преждевременного старения*. URL: <https://www.buro247.ru/beauty/skin-care/12-mar-2018-what-you-should-know-about-anti-aging.html> (дата звернення: 15.11.2021).
5. *Все, что вы хотели знать об anti-age терапии*. URL: <https://harpersbazaar.com.ua/beauty/skin/yse-cto-vi-hoteli-znat-ob-anti-age-terapii/> (дата звернення: 15.11.2021).
6. Крентовська О. П. Старіння населення як детермінуючий фактор удосконалення державної соціальної політики в Україні: *Збірник наукових праць Національної академії державного управління при Президенті України*. 2009. Вип. 2. С. 245-254.
7. Ramos-e-Silva, M., Celem, L. R., Ramos-e-Silva, S., & Fucci-da-Costa, A. P. Anti-aging cosmetics: Facts and controversies. *Clinics in Dermatology*, 2013. Vol. 31(6). P. 750–758. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2013.05.013>
8. *Коллаген, его состав и свойства*. URL: <https://biovit.ua/news/Zdorovyiy-obraz-zhizni/kollagen-secret-molodosti> (дата звернення: 15.11.2021).
9. Сигаева Н. Н., Колесов С. В., Назаров П. В., Вильданова Р. Р. Химическая модификация гиалуроновой кислоты и ее применение в медицине. *Вестник Башкирского университета*. 2012. Т.17. №3. С. 1220-1241.
10. *Основные преимущества рыбного коллагена*. URL: <https://monsterlab.com.ua/osnovnye-preimushchestva-rybnogo-kollagena/> (дата звернення: 15.11.2021).
11. Puxvadee Chaikul, Tawanun Sripisut, Setinee Chanpirom, Naphatsorn Ditthawutthikul. Anti-skin aging activities of green tea (*Camelliasinensis* (L) Kuntze) in B16F10 melanoma cells and human skin fibroblasts. *European Journal of Integrative Medicine*. 2020. Vol. 40. P. 101-202. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101212>
12. Hiroyasu Iso, Chigusa Date, Kenji Wakai, Mitsuru Fukui, Akiko Tamakoshi, JACC Study Group. The relationship between green tea and total caffeine intake and risk for self-reported type 2 diabetes among Japanese adults. *Ann Intern Med*. 2006. Vol.144(8). P. 54-62. doi: [10.7326/0003-4819-144-8-200604180-00005](https://doi.org/10.7326/0003-4819-144-8-200604180-00005)
13. Shinichi Kuriyama. The Relation between Green Tea Consumption and Cardiovascular Disease as Evidenced by Epidemiological Studies. *The Journal of Nutrition*. 2008. Vol. 138 (8), P. 1548–1553. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/138.8.1548S>
14. Stephen Hsu, Douglas Dickinson, James Borke, Douglas S Walsh, Joseph Wood, Haiyan Qin, Julia Winger, Henna Pearl, George Schuster, Wendy B Bollag. Green tea polyphenol induces caspase 14 in epidermal keratinocytes via MAPK pathways and reduces psoriasisform lesions in the flaky skin mouse model. *Exp Dermatol*. 2007. Vol. 16(8). P. 678-684. doi: [10.1111/j.1600-0625.2007.00585.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0625.2007.00585.x)
15. *Экстракт виноградных косточек (Vitis Vinifera Seed Extract)*. URL: <https://haircolor.org.ua/ingredienty-kosmetiki/204-ekstrakt-vinogradnyih-kostochek-vitis-vinifera-seed-extract.html> (дата звернення: 15.11.2021).

16. *Экстракт черники – его целебные свойства*. URL: <https://prymaflora.com/ru/article/ekstrakt-cherniki-ego-celebnye-svoystva> (дата звернення: 15.11.2021).
17. *Glycyrrhizae radices*. URL: <https://liktravy.ua/ru/useful/encyclopedia-of-herbs/solodky-koreni> (дата звернення: 15.11.2021).
18. *Аскорбиновая кислота: польза и вред*. URL: <https://www.anadolumedicalcenter.ru/news/askorbinovaya-kislota-polza-i-vred/> (дата звернення: 15.11.2021).
19. Канарская З. А., Демина Н. В. Тенденции в производстве сахарозаменителей. *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. №9. С. 145.
20. Куракина А. Н., Красина И. Б., Тарасенко Н. А., Филиппова Е. В. Функциональные ингредиенты в производстве кондитерских изделий. *Функциональные исследования*. 2015. №6 (3). С. 468.
21. *Сукралоза – лучший сахарозаменитель*. URL: <https://1000.menu/table/24608-sukraloza-luchshii-saxarozamenitel> (дата звернення: 15.11.2021).

## References (transliterated)

1. Tsypriyan V. I. *Hihiyena kharchuvannya z osnovamy nutrytsiologii: pidruchnyk* [Food hygiene with the basics of nutritional science: guide]. Kyiv, Medytyna, 2007. 528 p.
2. Zhu, Y., Yu, X., Ge, Q., Li, J., Wang, D., Wei, Y., & Ouyang, Z. Antioxidant and anti-aging activities of polysaccharides from *Cordyceps cicadae*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020, Vol. 157, p. 394-400. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.163>
3. Catarina Faria-Silva, Andreia Ascenso, Ana M. Costa, Joana Marto, Manuela Carvalheiro, Helena Margarida Ribeiro, Sandra Simões. A new trend in food and cosmetics convergence. *Trends in Food Science & Technology*. 2020, Vol. 95, p. 21-32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.015>
4. *Что нужно знаť об antyvezh-sredstvakh vid peredchashnoho starinnya* [What you need to know about anti-aging drugs]. Available at: <https://www.buro247.ru/beauty/skin-care/12-mar-2018-what-you-should-know-about-anti-aging.html> (accessed: 15.11.2021).
5. *Vse, chto vy khotely znat' ob anti-age terapii* [Everything you wanted to know about anti-age therapy.]. Available at: <https://harpersbazaar.com.ua/beauty/skin/vse-chto-vi-hoteli-znat-ob-anti-age-terapii/> (accessed: 15.11.2021).
6. Krentov'ska O. P. Starinnya naseleenna yak determinuyuchyy faktor udoskonalennya derzhavnogo sotsial'noy polityky v Ukraini [Older population is a determining factor for improving the state social policy in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'noy akademiyi derzhavnoho upravlinnya pry Prezydentovi Ukrainy* [Library of Science Works of the National Academy of State Administration under the President of Ukraine]. 2009, Vo. 2, p. 245-254.
7. Ramos-e-Silva, M., Celem, L. R., Ramos-e-Silva, S., & Fucci-da-Costa, A. P. Anti-aging cosmetics: Facts and controversies. *Clinics in Dermatology*. 2013, Vol. 31(6), p 750-758. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2013.05.013>
8. *Kollahen, eho sostav y svoystva* [Collagen, its composition and properties]. Available at: <https://biovit.ua/news/Zdorovyiy-obraz-zhizni/kollagen-secret-molodosti> (accessed: 15.11.2021).
9. Syhaeva N. N., Kolesov S. V., Nazarov P. V., Vyl'danova R. R. Khymycheskaya modyfikatsyya hyaluronovoy kysloty y ee pryumenenye v medytse [Chemical modification of hyaluronic acid and its use in medicine]. *Vestnyk Bashkyskoho unyversyteta* [Bulletin of the Bashkir University]. 2012, vol.17 (3), p. 1220-1241.
10. *Osnovnye preymushchestva rybnogo kollahena* [The main benefits of fish collagen]. Available at: <https://monsterlab.com.ua/osnovnye-preimushchestva-rybnogo-kollahena/> (accessed: 15.11.2021).
11. Puxvadee Chaikul, Tawanun Sripisut, Setinee Chanpirom, Naphatsorn Dittawutthikul. Anti-skin aging activities of green tea (*Camelliasinensis* (L) Kuntze) in B16F10 melanoma cells and human skin fibroblasts. *European Journal of Integrative Medicine*. 2020, Vol. 40, p. 101-202. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101212>
12. Hiroyasu Iso, Chigusa Date, Kenji Wakai, Mitsuru Fukui, Akiko Tamakoshi, JACC Study Group. The relationship between green tea and total caffeine intake and risk for self-reported type 2 diabetes among Japanese adults. *Ann Intern Med*. 2006, Vol. 144(8), p. 54-62. doi: 10.7326/0003-4819-144-8-200604180-00005
13. Shinichi Kuriyama. The Relation between Green Tea Consumption and Cardiovascular Disease as Evidenced by Epidemiological Studies. *The Journal of Nutrition*. 2008, Vol. 138 (8), p. 1548-1553. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/138.8.1548S>
14. Stephen Hsu, Douglas Dickinson, James Borke, Douglas S Walsh, Joseph Wood, Haiyan Qin, Julia Winger, Henna Pearl, George Schuster, Wendy B Bollag. Green tea polyphenol induces caspase 14 in epidermal keratinocytes via MAPK pathways and reduces psoriasisform lesions in the flaky skin mouse model. *Exp Dermatol*. 2007, Vol. 16(8), p. 678-684. doi: 10.1111/j.1600-0625.2007.00585.x
15. *Ekstrakt vynogradnykh kostochek (Vitis Vinifera Seed Extract)* [Grape seed extract (Vitis Vinifera Seed Extract)]. Available at: <https://haircolor.org.ua/ingredyenty-kosmetiki/204-ekstrakt-vynogradnykh-kostochek-vitis-vinifera-seed-extract.html> (accessed: 15.11.2021).
16. *Ekstrakt chernyky – eho tselebnye svoystva* [Blueberry extract - its healing properties]. Available at: <https://prymaflora.com/ru/article/ekstrakt-cherniki-ego-celebnye-svoystva> (accessed: 15.11.2021).
17. *Glycyrrhizae radices*. Available at: <https://liktravy.ua/ru/useful/encyclopedia-of-herbs/solodky-koreni> (accessed: 15.11.2021).
18. *Askorbinovaya kislota: pol'za y vred* [Ascorbic acid: benefits and harms]. Available at: <https://www.anadolumedicalcenter.ru/news/askorbinovaya-kislota-polza-i-vred/> (accessed: 15.11.2021).
19. Kanarskaya Z. A., Demyna N. V. Tendentsyy v proyzvodstve sakharozamenyteley [Trends in the production of sweeteners]. *Vestnyk Kazanskoho tekhnolohycheskoho unyversyteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2012, vol9, p. 145.
20. Kurakina A. N., Krasina I. B., Tarasenko N. A., Filippova Ye. V. Funktsional'nyye ingredyenty v proyzvodstve konditers'kikh izdeliy [Functional ingredients in the production of confectionery products]. *Funktsional'nyye issledovaniya* [Functional studies]. 2015, vol.6 (3), p. 468.
21. *Sukraloza – luchshiy sakharozamenitel'* [Sucralose is the best sweetener]. Available at: <https://1000.menu/table/24608-sukraloza-luchshii-saxarozamenitel> (accessed: 15.11.2021).

Надійшло (received) 19.11.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Кондратюк Наталія Вячеславівна (Konдратиuk Nataliia Vyacheslavivna)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0919-8979>;

e-mail: [kondratjukn3105@gmail.com](mailto:kondratjukn3105@gmail.com).

**Савченко Аліна Миколаївна (Савченко Алина Николаевна, Savchenko Alina Mykolayivna)** – асистент, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна; e-mail: [savkalka3@gmail.com](mailto:savkalka3@gmail.com).

**Чернявська Анна Юрївна (Чернявская Анна Юрьевна, Cherniavska Anna Yuriivna)** – кандидат хімічних наук, старший викладач кафедри харчових технологій Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна;

ORCID: 0000-0002-0679-3457;  
e-mail: [ann.ann.aa198@gmail.com](mailto:ann.ann.aa198@gmail.com).

**Ситник Катерина Ігорівна (Сытник Екатерина Игоревна, Sytnik Kateryna Igorivna)** – студентка кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна;

ORCID: 0000-0003-2681-0303;  
e-mail: [ksutnik15@gmail.com](mailto:ksutnik15@gmail.com)

### **Н. В. КОНДРАТЮК, А. М. САВЧЕНКО, А. Ю. ЧЕРНЯВСЬКА, К.І. СИТНИК**

#### **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПОТЕНЦІАЛ НАПОЇВ З «ANTI-AGE»-ЕФЕКТОМ**

Сучасні тенденції створення напоїв передбачають використання у складі їх основ різних настоїв, екстрактів рослин, а також вітамінно-мінеральних комплексів, органічних кислот та полісахаридів, що дозволяє забезпечити нормалізацію фізіологічних та метаболічних процесів в організмі людини та запобігти низці захворювань та синдромів, що тягнуть за собою зниження працездатності. Основні проблеми при створенні різних питних форм пов'язані з очищенням та підготовкою води, розчиненням компонентів та їх можливою взаємодією один з одним у фасувальній одиниці під час зберігання. Враховуючи викладене, актуальним є створення сухих концентратів напоїв оздоровчого призначення із тривалими термінами зберігання. Розроблений підхід та технологія є перспективною формою напоїв для підвищення рівня життя населення України та інших країн. Розроблені продукти дозволять підвищити імунітет, провести профілактику низки аліментарних захворювань, удосконалити харчові раціони при дієтотерапії та сприяти відновленню мікронутрієнтного балансу в організмі людини. Встановлено, що фізіологічна цінність сухих напоїв за описаним способом виробництва зберігається в готових товарних формах (стиках з металізованою підкладкою, саше, пакетиках з «зіп-застібкою» та металізованою вкладкою, банках пластикових з кришкою, що закручується, і полімерною підкладкою як контроль від попереднього видкриття) весь термін зберігання від 12 до 24 місяців. Суміш є зручною формою для транспортування та приготування. При розведенні в рідких середовищах (вода питна очищена, вода мінеральна, молоко, кисломолочні напої, напої на основі рослин, злакових, бобових, чаю, кави, какао) задані функціональні властивості зберігаються та покращуються за рахунок активації біологічно активних речовин, що містяться у складі суміші та середовищах для розведення. Новизна окремих технологічних рішень та позначених фізіологічних і функціональних властивостей полягає у використанні екстрактів рослин, плодів, ягід, овочів, а також додатково внесених вітамінів, мінеральних солей, амінокислот, гідролізатів та ізолятів рослинних протеїнів, натуральних речовин-біоенхансерів та біоактиваторів, що володіють унікальними «anti-age» ефектами.

**Ключові слова:** сухі концентрати, напої, коктейлі, «anti-age» ефект, технології.

### **Н. В. КОНДРАТЮК, А. Н. САВЧЕНКО, А. Ю. ЧЕРНЯВСКАЯ, К.И. СЫТНИК**

#### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПОТЕНЦИАЛ НАПИТКОВ С «ANTI-AGE»-ЭФФЕКТОМ**

Современные тенденции создания напитков предусматривают использование в составе их основ различных настоев, экстрактов растений, а также витаминно-минеральных комплексов, органических кислот и полисахаридов, что позволяет обеспечить нормализацию физиологических и метаболіческих процессов в организме человека и предотвратить ряд заболеваний и синдромов, влекущих снижение трудоспособности. Основные проблемы при создании различных питьевых форм связаны с очисткой и подготовкой воды, растворением компонентов и их возможным взаимодействием друг с другом в фасовочной единице в ходе хранения. Учитывая изложенное, актуальным является создание сухих концентратов напитков оздоровительного назначения с длительными сроками хранения. Разработанный подход и технология является перспективной формой напитков для повышения уровня жизни населения Украины и других стран. Разработанные продукты позволят повысить иммунитет, провести профилактику ряда алиментарных заболеваний, усовершенствовать пищевые рационы при диетотерапии и способствовать восстановлению микронутриентного баланса в организме человека. Установлено, что физиологическая ценность сухих напитков по описанному способу производства сохраняется в готовых товарных формах (стиках с металлизированной подложкой, саше, пакетиках с «зип-застежкой» и металлизированной вкладкой, банках пластиковых с закручивающейся крышкой и полимерной подложкой в качестве контроля от преждевременного вскрытия) весь рекомендуемый срок хранения от 12 до 24 месяцев. Смесь является удобной формой для транспортировки и приготовления. При разбавлении в жидких средах (вода питьевая очищенная, вода минеральная, молоко, кисломолочные напитки, напитки на основе растений, злаковых, бобовых, чая, кофе, какао) заданные функциональные свойства сохраняются и улучшаются за счет активации биологически активных веществ, содержащихся в составе смеси и средах для разбавления. Новизна отдельных технологических решений и обозначенных физиологических и функциональных свойств заключается в использовании экстрактов растений, плодов, ягод, овощей, а также дополнительно внесенных витаминов, минеральных солей, аминокислот, гидролизатов и изолятов растительных протеинов, натуральных веществ-биоэнхансеров и биоактиваторов, имеющих уникальные «anti-age» эффекты.

**Ключевые слова:** сухие концентраты, напитки, коктейли, «anti-age» эффект, технологии.

Г. О. САБАДОШ

**ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ФАХОВИХ НАВИЧОК У ЗАСТОСУВАННІ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МАЙБУТНІХ ТЕХНОЛОГІВ РЕСТОРАННОГО БІЗНЕСУ**

У статті використано теоретичні та емпіричні методи дослідження: розглянуто сутність понять «інновація», «інноваційна діяльність», «інноваційний процес» тощо. Досліджено класифікації інновацій за різними ознаками. Впровадження інноваційної складової в технологію харчування та пропозиція спеціальних послуг, застосування інтерактивного меню екранного планшета на столах, сенсорний дисплей, застосування QR-коду в маркетингу підприємства, світлодіодна технологія. У статті аналізується оповіщення, харчові 3D-принтери, сенсорні виробники їжі, використання тривимірних проєкцій для демонстрації приготування страв, автоматизація та інформатизація процесів на підприємствах, використання веб- і телекомунікаційних технологій. Основними напрямками розвитку сучасних технологій в закладах ресторанного господарства є: створення ресторанів як Free Floor; відкриття фуд-кортів; створення концептуальних підприємств ресторанного господарства; розширення мережі віртуальних ресторанів, що забезпечують замовлення в Інтернеті та доставку до споживача; приготування страв у присутності відвідувачів; організація обслуговування систем харчування та інші. Нові ідеї, передові ресторани продукти та послуги, технологічні процеси, форми організації та управління стануть результатом інноваційного розвитку закладів ресторанного господарства. Впровадження інновацій коштує недешево, проте, пропонуючи клієнтам ексклюзивні меню та послуги, ресторани заклади здатні забезпечити виживання та прибуток. Процеси якісної трансформації сфери в цілому та забезпечення конкурентоспроможності окремих її об'єктів є результатом впровадження інноваційних технологій надання послуг та формування сервісу відповідно до сучасних вимог. Інноваційний розвиток ресторанних технологій підвищує конкурентоспроможність закладу в сучасних суворих умовах. Необхідно звернути увагу на основні сучасні тенденції розвитку науки та обладнання, новинки та винаходи в харчовій сфері та на ринку послуг.

**Ключові слова:** інновації харчові технології, інноваційні ресторани технології, рестораний сервіс.

**Вступ.**

Теоретичне обґрунтування інноваційної діяльності закладів ресторанного господарства створює передумови для більш глибокої оцінки інноваційних процесів у сфері ресторанного господарства та подальшого вивчення таких проблемних питань, як: інноваційні технології продукції ресторанного господарства та інноваційні технології надання послуг у ресторанному господарстві. Ефективний та стійкий розвиток підприємств ресторанного бізнесу в сучасних умовах досягається за рахунок використання ними інновацій, які забезпечують конкурентні переваги підприємству на ринку. Інновації, що застосовують у закладах ресторанного господарства, підвищують конкурентоспроможність закладу в сучасних жорстких умовах, тому навчальною програмою підготовки студентів напрямку «Харчові технології та інженерія» спеціалізації «Ресторанні технології» передбачено вивчення дисципліни «Інноваційні ресторани технології», зміст який включає особливості розвитку інноваційної діяльності; створення та освоєння прогресивної виробничої технології; проектування продукції і послуг. Науковці визначають, що для модернізації освіти ефективним є компетентнісний підхід, який дає змогу сформувати в майбутніх фахівців професійну компетентність, сприяє професійному розвитку, допомагає адаптуватись у нових умовах, забезпечує мобільність та гнучкість відповідно до викликів сучасності.

Результатом вивчення професійно спрямованої дисципліни «Інноваційні ресторани технології», є формування професійних компетенцій щодо вирішення конкретних виробничих завдань

корегування структури харчування населення шляхом створення і впровадження інноваційних технологій безпечних харчових продуктів з використанням натуральної сировини підвищеної поживної цінності, дієтичних добавок та спеціальних ресурсозберігаючих методів обробки сировини – криогенних, екструзійних, молекулярних, креативних і ф'юаж-технологій. Підвищенню ефективності отримання студентами системи знань з організаційних, нормативно-правових питань використання інноваційних ресторанних технологій. Метою статті є дослідження інноваційних ресторанних технологій та визначення шляхів формування у майбутніх спеціалістів харчової галузі наукового підходу до вивчення інновацій, що використовуються в сучасній галузі ресторанного господарства.

Першочерговим завданням є дослідження інноваційних ресторанних технологій та визначення шляхів формування у майбутніх фахівців ресторанного бізнесу наукового підходу до вивчення інновацій, які використовуються в сучасній індустрії ресторанного господарства. У статті було застосовано теоретичні та емпіричні методи дослідження. Теоретичні – аналіз літератури, для визначення ступеня розробленості проблеми, її поняттєво-категоріального апарату, розкриття сутності та структури досліджуваного феномену; систематизація та узагальнення наукових положень; аналіз нормативно-правових документів та основних понять; емпіричні – спостереження для виявлення загальних тенденцій розвитку нововведень у закладах ресторанного господарства [1–11].

© Сабадош Г.О., 2021



**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.**

Вивчення дисципліни «Інноваційні ресторани технології» базується на розумінні понять «інновація», «інноваційна діяльність», вмінні аналізувати напрями розвитку інноваційної діяльності у сфері ресторанного бізнесу тощо. Важливим є формування у студентів системи знань щодо організаційних, нормативно-правових питань впровадження інноваційних рестораних технологій.

Для стимулювання самостійної роботи студентів можна проводити конкурс на кращий реферат, дослідження, презентацію на тему «Інновації у ресторанному бізнесі» за різними напрямками: прогресивні технології обслуговування та організації виробництва в ресторанному бізнесі; заклади ресторанного господарства сучасного формату; нові форми ресторанних послуг; сучасні ресторани технології аутентичних страв та інші різновиди інноваційної діяльності.

Об'єктом інноваційної діяльності є інновації. Термін «інновація» (від лат. *innovatis* – новий) трактується як нововведення. Інновації – новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентоздатні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва. Отже, інновація – це кінцевий результат інноваційної діяльності, який дістав утілення у вигляді виведеного на ринок нового чи вдосконаленого продукту, процесу, що використовується у практичній діяльності, або нового підходу до соціальних послуг.

Інноваційний процес – процес перетворення наукового знання в інновацію, яка задовольняє нові суспільні потреби; послідовний ланцюг дій, що охоплює всі стадії створення новації та її практичного застосування.

На рівні підприємства інноваційний процес характеризується перш за все прагненням його

учасників до комерційного успіху. Тому модель інноваційного процесу на конкретному підприємстві може мати певні відмінності, що залежить від стану наукового потенціалу підприємства, його фінансових, кадрових, інших можливостей.

**Викладання основного матеріалу досліджень.**

Ефективний та стійкий розвиток підприємств ресторанного бізнесу в сучасних умовах досягається за рахунок використання ними інновацій. Що забезпечують конкурентні переваги на ринку.

Інновації, що застосовують у закладах ресторанного господарства, підвищують конкурентоспроможність закладу в сучасних жорстких умовах, тому навчальною програмою підготовки здобувачів напрямку «Харчові технології» спеціалізації «Ресторанні технології» передбачено вивчення дисципліни «Інноваційні ресторани технології», зміст який включає особливості розвитку інноваційної діяльності; створення та освоєння прогресивної виробничої технології; проектування продукції і послуг.

Результатом вивчення професійно спрямованої дисципліни «Інноваційні ресторани технології», є формування професійних компетенції щодо вирішення конкретних виробничих завдань корегування структури харчування населення шляхом створення і впровадження інноваційних технологій безпечних харчових продуктів з використанням натуральної сировини підвищеної поживної цінності, дієтичних добавок та спеціальних ресурсозберігаючих методів обробки сировини – криогенних, екструзійних, молекулярних, креативних і ф'южн-технологій.

Проблема інновації є актуальною і своєчасною як для рівня підприємства, та і для рівня економіки держави. Для забезпечення стійкої конкурентоспроможності на ринку ресторанного господарства підприємець має орієнтувати свої інновації, перш за все, на потреби споживача за представленим прикладом (рис. 1) з урахуванням регіональних можливостей [12–17].



Ожина (*Eubatus*)



Чорниця (*Vaccinium myrtillus L.*) – черниця, борівка, у Карпатах – афіна, яфіна



Брусниця звичайна (*Rhodococum vitis-idaea L.*) у Карпатах – брусниця, гогоди, кам'янка, борівка, бруслина

Рис. 1 – Приклади дикорослих ягід для ягідних напівфабрикатів

Наприклад, інновації можуть бути представлені: в плодах чорниці міститься багато дубильних речовин, рутину. Вживання ягід чорниці покращує кровообіг у сітчатці ока, загострює нічний зір. Сік і ягоди чорниці мають бактерицидні властивості, кислоти ягід поліпшують процеси травлення і запобігають відкладанню в порожнині суглобів солей щавлевої кислоти. Подрібнення ягід в пюре відбувається до розміру часток  $(0,4...0,8) \cdot 10^{-3}$  м. Пюре є дрібнодисперсною масою, яка у своєму складі містить підвищену кількість структурних полісахаридів: целюлози, геміцелюлози, пектинових речовин.

Таблиця 1 – Харчова цінність ягідного напівфабрикату

Харчові речовини	Кількість на 100 г продукту
Білки	3,20
Жири	0,06
Вуглеводи	16,70
Харчові волокна	1,60
Органічні кислоти	1,50
Моно- і дисахариди	1,70
Крохмаль	0,60
Зола	0,10

На рівні підприємства ресторанного господарства інновації – вагома перевага у конкурентній боротьбі, що одночасно призводить, наприклад, до:

- зниження собівартості продукції;
- зниження цін на різновиди складових технологічних процесів;
- росту прибутку підприємств;
- створення нових потреб споживачів;
- притоку коштів у різновиди основних та супутніх галузей;
- підвищення іміджу виробника нової продукції;
- відкриттю та захопленню нових ринків споживання та ін.

Застосування підприємствами ресторанного господарства, прогресивних форм і методів обслуговування, проведення модернізації інтер'єру закладів, використання високотехнологічного обладнання тощо – приваблюють споживачів, а також загострюють конкуренцію в галузі, яка, в свою чергу, змушує підприємців постійно знаходитися в пошуку нових інноваційних переваг.

У виробництві ресторанних послуг основними типами інновацій є технічні, організаційно-технологічні, управлінські та комплексні.

Технічні нововведення пов'язані з впровадженням нових видів техніки, пристосувань, інструментів, а також техніко-технологічних прийомів праці в обслуговуванні, з впровадженням комп'ютерної техніки, поширенням інформаційно-технологічних нововведень, що полегшують роботу з клієнтами і допомагають вдосконалити у цілому весь процес сервісного виробництва [17–21].

Організаційно-технологічні інновації пов'язані з новими видами послуг, більш ефективними формами обслуговування та організаційними нормами праці.

Управлінські – орієнтовані на вдосконалення внутрішніх і зовнішніх зв'язків організації, наприклад ресторани швидкого обслуговування і так звані «сімейні ресторани».

Комплексні охоплюють одночасно різні аспекти і сторони сервісної діяльності відповідно напрямкам розвитку підприємства.

Технічні інновації, які пов'язані з впровадженням надсучасних видів техніки, різновидів пристроїв, а також виробничих технологічних прийомів, дозволяють значно скоротити витрати виробництва за рахунок скорочення площ, зменшення втрати сировини та продуктів та працезатрат персоналу підприємства.

При постійній зміні зовнішнього і внутрішнього середовища основною ціллю ресторану є вміння оперативного перебудовуватися, переходити у відповідність з новими вимогами, наприклад, пандемії. І в цій надзвичайній ситуації допомагає своєчасне впровадження в практику новітніх технологій у виді устаткування.

Інноваційними видами устаткування на сьогоднішній день можна вважати, наприклад, гелевий біо-холодильник; «Кокон» для кухні майбутнього (готує «нові» попередньо розфасовані страви за допомогою нагрівання м'язових тканин), Стефан гриль, Cookvac, упаковка-сигналізатор несвіжої їжі (використовується для упаковки продуктів в «захисній атмосфері», де мало кисню і багато інертних газів, що заважають жити цвілі, мікробам і подовжують термін придатності їжі. При пошкодженні упаковки концентрація кисню всередині неї збільшується і це призводить до зміни кольору, сигналізуючи про проблему).

Важливе значення має застосування спеціального обладнання, наприклад:

- машини для приготування суші – компактна машина для масового виробництва суші, що вимагає одного оператора і замінює цілу бригаду кухарів;

- машини, які вміють робити основні грудочки для нігірі суші, рисові коржі для макі суші, рисові кульки і т.і.

«Пушка» для птиці (в пушку заливається вино, пиво, соус, потім на неї насаджується птиця і запікається, просочуючись рідина закипає і випаровується), а також аромодистильатори, хербофільтри, сублімаційні сушарки.

Перелік інноваційного устаткування постійно оновлюється, так в місті Києві на конгресі FONTEGRO UKRAINE 2016 представлено кампанією «Новий проект» апарати, технологічні можливості яких руйнує гастрономічні стереотипи і відкривають широкі перспективи в кулінарії.

Расоjet – інноваційний апарат гомогенізатор заморожених продуктів. Суть технології полягає в

змішувани глибоко заморожених продуктів до однорідної консистенції, що дозволяє одержати заморожений гомогенізований мус із сильно вираженим природним смаком продуктів.

Унікальний термоміксер Hotmixpro Creative з найширшим температурним діапазоном може готувати з температурою до 190 °С і охолоджувати до -24°С. Апарат поєднує в собі властивості такого устаткування як: кутер, міксер, професійна морозилка, машину для темперування шоколаду і пастеризатор. Завдяки своїй універсальності і можливості працювати із твердою фракцією термоміксери знайшли широке застосування в авангардній кухні в провідних ресторанах світу.

Настільний дегідратор Hotmixpro Dry розроблений для делікатного висушування і зневоднювання різних продуктів: м'ясо, риба, гриби, фрукти, городи, хлібці, зелень і ін. Дегідратор має точний температурний контроль – важливий показник для запобігання процесів окиснення. Також до дегідратору можна приєднати копильний апарат Hotmixpro Smoke для додання продуктам аромату копчення.

Водяна піч Hendi виявляє собою камеру для приготування блюд у водному середовищі при низьких температурах. З точністю до однієї хвилини можна встановити час готування їжі. Кришка панелі керування запобігає заливанню панелі водою.

Плита шокowego охолодження анти-гриль Deco-Freez має температуру поверхні -25°С, завдяки чому соуси, креми, шоколад або інші складові харчової продукції миттєво загущуються на ній.

Інновації, як результат інноваційної діяльності, з одного боку, повинні бути орієнтовані на повніше задоволення запитів споживачів, а з іншого – на отримання конкретного економічного ефекту. Отже, розуміння суті інновацій і механізму інноваційної діяльності у сфері ресторанного господарства надають переваги як виробникам, так і споживачам. Це пояснюється тим, що між виробниками і споживачами існує тісний контакт: з одного боку, споживачі задовольняють у закладах ресторанного господарства свою фізіологічну потребу у харчуванні, а з іншого – обсяги виробництва та успіх закладів ресторанного господарства на ринку залежить від вподобань споживачів частоти та величини їх потоку до нього.

#### **Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.**

Застосування підприємствами ресторанного господарства, прогресивних форм і методів обслуговування, проведення модернізації інтер'єру закладів, використання високотехнологічного обладнання сильний інструмент для підвищення ефективності свого бізнесу, а значить – конкурентна перевага, яка приваблює споживачів, змушує підприємств постійно знаходитися в пошуку нових інноваційних переваг. Тому, результатом

інноваційного розвитку ресторанного підприємства нові і удосконалені ресторани продукти і послуги, нові технологічні процеси, нові форми організації і управління ресторанним бізнесом.

У нинішніх умовах набуває великого значення формування у майбутніх фахівців технологічної грамотності, глибоких компетенцій у сфері ресторанного бізнесу.

Результатом вивчення професійно спрямованої дисципліни «Інноваційні ресторани технології», є формування професійних компетенцій щодо вирішення конкретних виробничих завдань, корегування структури харчування населення шляхом створення і впровадження інноваційних технологій та спеціальних ресурсозберігаючих методів обробки сировини криогенних, екструзійних, молекулярних, креативних і ф'южн технологій.

#### **Список літератури**

1. Закон України «Про інноваційну діяльність» (№ 40-IV від 4 липня 2002 р.) // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 2002. – № 36. – С. 266.
2. Ивасенко А.Г. Инновационный менеджмент: учеб. пособие / А.Г. Ивасенко, Я.И. Никонова, А.О. Сизова. – М.: КноРус, 2009. – 418 с.
3. Кравчук Н.М. Інноваційні ресторани технології. / Н.М. Кравчук, І.Л. Корецька. – К.: НУХТ, 2014. – 114с.
4. П'ятницька Г. Інноваційний потенціал розвитку підприємств ресторанного господарства в Україні. / Г. П'ятницька, О. Григоренко, В. Найдюк // Товари та ринки. – 2013. – № 29-43.
5. Найдюк В.С. Інновації в системі управління підприємствами ресторанного господарства / В. С. Найдюк // Сталий розвиток економіки. – 2012. – № 2. – С. 228–233.
6. Організація послуг харчування. [Електронний ресурс]. – Режим доступу [http://generation.at.ua/load/knigi/organizacija\\_poslug\\_khar\\_chuvannja\\_lviv\\_2006/124-1-0-212](http://generation.at.ua/load/knigi/organizacija_poslug_khar_chuvannja_lviv_2006/124-1-0-212).
7. П'ятницька Г. Сучасні проблеми інноваційного розвитку ресторанного господарства України / Г. П'ятницька, О. Григоренко // Вісник КНТЕУ. – 2005. – № 1, – с. 5–11.
8. П'ятницька Г. Вплив інноваційних змін на діяльність підприємств ресторанного господарства / Г. Т. П'ятницька, Н. О. П'ятницька // Економіка розвитку. – 2013. – № 1 (65). – С. 122–126.
9. Ляндау Ю.В., Пономарьов М.А. Процесне управління та інновації в ресторанному бізнесі // Менеджмент сьогодні. – 2011. – №3.
10. Гастрономічні тренди – 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://prohotelia.com.ua/2014/01/food-trends-2014>
11. World Tourism Organization (UNWTO). Global Code of Ethics for Tourism: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.unwto.org/code\\_ethics/pdf/languages/](http://www.unwto.org/code_ethics/pdf/languages/)
12. Технологічне обладнання ресторанів: класифікація машин і апаратів, принцип дії, характеристика експлуатації [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://bukvar.su/promyshlennost-proizvodstvo/page\\_3,89669- Tehnologicheskoe-oborudovanie-restoranov-](http://bukvar.su/promyshlennost-proizvodstvo/page_3,89669- Tehnologicheskoe-oborudovanie-restoranov-)

- klassifikaciya-mashin-i-apparatovprincip-deiystviya-harakteristika-ekspluatacii.html
13. Сабодош Г.О. Визначення основних фізико-хімічних показників якості молочних десертів з пінною структурою / Г. О. Сабодош // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / – Х. : ХДУХТ, 2010. – Вип. 1 (11). – С. 97–103.
  14. Сабодош Г.О. Технологія десертів молочних з використанням карагінанів [Текст]: дис...канд. техн. наук / Сабодош Ганна Олександрівна. Х., 2010. – 154 с.
  15. Сабодош Г.О., Гаврилко П.П. Закономірності структуроутворення в технології десертів. Вісник НТУ «ХПІ». 2019. № 15 (1340), с. 31–35.
  16. Sabadosh G.O. Menu engineering mechanism for restaurant household establishments that serve the organized groups of consumers in recreational regions. Вісник НТУ «ХПІ». 2019. № 21 (1346), с. 52–56.
  17. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). [текст] підручник. / С.І. Бухкало. – К.: ЦНЛ, 2014. 456 с.
  18. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). 2-ге вид. доп. [текст] підручник. / Л.Л. Товажнянський, С.І. Бухкало, Денисова А.Є., І.М. Демидов та ін. – К.: ЦНЛ, 2016. 470 с.
  19. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2018. 108 с.
  20. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання). [текст] підручник. / С.І. Бухкало. – К.: ЦНЛ, 2014. 412 с.
  21. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2019. 108 с.
  - http://generation.at.ua/load/knigi/organizacija\_poslug\_khar\_chuvannja\_lviv\_2006/124-1-0-212.
  7. P'jatnic'ka G. Suchasni problemi innovacijnogo rozvitku restorannogo gospodarstva Ukraїni /G. P'jatnic'ka, O. Grigorenko // Visnik KNTEU. – 2005. – No. 1, – pp. 5–11.
  8. P'jatnic'ka G. Vpliv innovacijnih zmin na dij'al'nist' pidpriemstv restorannogo gospodarstva / G. T. P'jatnic'ka, N. O. P'jatnic'ka // Ekonomika rozvitku. – 2013. – No. 1 (65). – pp. 122–126.
  9. Ljandau Ju.V., Ponomar'ov M.A. Procesne upravlinnja ta innovacii v restorannomu biznesi // Menedzhment s'ogodni. – 2011. – No. 3.
  10. Gastronomicni trendi – 2014 [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : <http://prohotelia.com.ua/2014/01/food-trends-2014>
  11. World Tourism Organization (UNWTO). Global Code of Ethics for Tourism: [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: [http://www.unwto.org/code\\_ethics/pdf/languages/](http://www.unwto.org/code_ethics/pdf/languages/)
  12. Tehnologichne obladnannja restoraniv: klasifikacija mashin i aparativ, princip dii, charakteristika ekspluatacii [Elektronnij resurs] – Rezhim dostupu: <http://bukvar.su/promyshlennost-proizvodstvo/page,3,89669-> Tehnologicheskoe-oborudovanie-restorano-klassifikaciya-mashin-i-apparatovprincip-deiystviya-harakteristika-ekspluatacii.html
  13. Sabadosh G.O. Viznachennja osnovnih fiziko-himichnih pokaznikov jakosti molochnih deserviv z pinnoju strukturoju / G. O. Sabadosh // Progresivni tehnika ta tehnologii harchovih virobniectv restorannogo gospodarstva i torgivli: zb. nauk. pr. / – Kh. : KhDUHT, 2010. – Vip. 1 (11). – pp. 97–103.
  14. Sabadosh G.O. Tehnologija deserviv molochnih z vikoristannjam karaginaniv [Tekst]: dis...kand. tehn. nauk / Sabadosh Ganna Oleksandrivna. Kh., 2010. – 154 p.
  15. Sabadosh G.O., Gavrilko P.P. Zakonomirnosti strukturoutvorenja v tehnologii deserviv. Visnik NTU «HPI». 2019. No. 15 (1340), pp. 31–35.
  16. Sabadosh G.O. Menu engineering mechanism for restaurant household establishments that serve the organized groups of consumers in recreational regions. Visnik NTU «KhPI». 2019. No. 21 (1346), pp. 52–56.
  17. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). [tekst] pidruchnik. / S.I. Bukhhalo. – K.: CNL, 2014. 456 p.
  18. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). 2-ge vid. dop. [tekst] pidruchnik. / L.L. Tovazhnjanskij, S.I. Bukhhalo, Denisova A.E., I.M. Demidov ta in. – K.: CNL, 2016. – 470 p.
  19. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2, [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2018. 108 p.
  20. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja). [tekst] pidruchnik. / S.I. Bukhhalo. – K.: CNL, 2014. 412 p.
  21. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2, [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2019. 108 p.

Надійшла (received) 19.11.2021

**Сабадош Ганна Олександрівна (Сабодос Анна Александровна, Sabadosh Ganna Oleksandrivna)** – Ужгородський торговельно-економічний інститут КНТЕУ, доцент кафедри технології і організації ресторанного господарства; м. Ужгород, Україна, тел.: +380991991176; e-mail: [aasaa30@ukr.net](mailto:aasaa30@ukr.net).

### **G. O. SABADOSH**

#### **DEFINITION OF METHODOLOGY FOR FORMATION OF PROFESSIONAL SKILLS IN THE APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN FUTURE RESTAURANT BUSINESS TECHNOLOGISTS**

In article theoretical and empirical methods of research have been used: essence of the concepts «innovation», «innovative activity», «innovative process», etc. are considered by the author. Classifications of innovations by various signs are investigated. Introductions of an innovative component to technology of food and the offer of special services, application of the interactive (electronic) menu of the screen tablet on tables, the touch display, application of a QR code in marketing of the enterprise, the LED technology of the notification, food 3-D printers, touch producers of food, use of three-dimensional projections for demonstration of preparation of dishes, automation and informatization of processes at the enterprises, use of web and telecommunication technologies is analyzed in the article. The main directions of development of modern technologies in institutions of restaurant economy are: creation of restaurants as Free Floor; opening of food-courts; creation of the conceptual enterprises of restaurant economy; expansion of a network of the virtual restaurants providing the order on the Internet and delivery to the consumer; preparations of dishes in the presence of visitors; organization of service for system catering and others. New ideas, advanced restaurant products and services, technological processes, forms of the organization and management will be result of innovative development of institutions of restaurant economy. Introduction of innovations isn't cheap, however having offered exclusive menus and services for clients, restaurant institutions are capable to ensure a survival and profit. Processes of high-quality transformation of the sphere in general and ensuring competitiveness of her separate objects are result of introduction of innovative technologies of rendering of services and formation of service according to modern requirements. Innovative development of restaurant technologies increases competitiveness of an institution in modern severe conditions. It is necessary to pay attention to the main current trends of development of science and equipment, a novelty and the invention in food sphere and in the market of services.

**Keywords:** innovations, food technologies, innovative restaurant technologies, restaurant service.

### **A. A. САБАДОШ**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ В ПРИМЕНЕНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ У БУДУЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСТОРАННОГО БИЗНЕСА**

В статье использованы теоретические и эмпирические методы исследования. Автором рассмотрена сущность понятий «инновация», «инновационная деятельность», «инновационный процесс» и др. Исследуются классификации нововведений по различным признакам. Внедрения инновационной составляющей в технологию питания и предложение специальных услуг, применение интерактивного меню экранного планшета на столах, сенсорный дисплей, применение QR-кода в маркетинге предприятия, светодиодная технология. В статье анализируется оповещение, пищевые 3-D принтеры, сенсорные производители продуктов питания, использование трехмерных проекций для демонстрации приготовления блюд, автоматизация и информатизация процессов на предприятиях, использование веб и телекоммуникационных технологий. Основными направлениями развития современных технологий в заведениях ресторанного хозяйства являются: создание ресторанов Free Floor; открытие фуд-кортв; создание концептуальных предприятий ресторанного хозяйства; расширение сети виртуальных ресторанов, обеспечивающих заказ через Интернет и доставку до потребителя; приготовление блюд в присутствии посетителей; организация обслуживания систем общественного питания и др. Новые идеи, передовые ресторанные продукты и услуги, технологические процессы, формы организации и управления станут результатом инновационного развития институтов ресторанного хозяйства. Внедрение инноваций обходится недешево, однако, предлагая клиентам эксклюзивные меню и услуги, ресторанные заведения способны обеспечить выживание и прибыль. Процессы качественной трансформации сферы в целом и обеспечения конкурентоспособности отдельных ее объектов являются результатом внедрения инновационных технологий оказания услуг и формирования сервиса в соответствии с современными требованиями. Инновационное развитие ресторанных технологий повышает конкурентоспособность заведения в современных суровых условиях. Необходимо обратить внимание на основные современные тенденции развития науки и оборудования, новинки и изобретения в сфере питания и на рынке услуг.

**Ключевые слова:** инновации пищевых технологий, инновации ресторанных технологий, ресторанный сервис.



С. І. БУХКАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО, С. П. ІГЛІН

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ РЕЦЕПТУРИ ШОКОЛАДНИХ ГЛАЗУРЕЙ НА ЇХ РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Продовжено дослідження математичних моделей шоколадної глазури як об'єкта кондитерської галузі харчової технології з метою вивчення реологічних характеристик. Визначені важливі технологічні завдання, а саме: сприяння уповільненню процесів окиснення; поліпшення емульгуючих та диспергуючих властивостей; запобігання окисленню окремих видів продукції; перешкоджання попаданню вологи, що збільшує термін придатності кондитерського виробу та ін. На другому етапі визначаються основні проблеми – наукове обґрунтування рецептурних складових технології виробництва продукції з урахуванням показників якості-собівартість. Далі для заданих параметрів технології виробництва визначають складові рецептури шоколадних глазурів. Як приклад представлені результати досліджень вибраних технологічних параметрів деяких композицій шоколадних глазурів порівняльний аналіз ефективності їхнього впливу на реологічні властивості композицій на основі какао-олії. Аналіз отриманих результатів та розрахункових рівнянь дозволив запропонувати рекомендації щодо інтенсифікації процесів виробництва, що ефективно знижує в'язкість композицій на основі какао-олії, та, у свою чергу, дає можливість використовувати їх для часткової заміни лецитину при виробництві кондитерських виробів.

**Ключові слова:** шоколадні глазури, реологічні характеристики, інтенсифікація технологічних процесів.

**Вступ.** Кондитерський ринок України – сучасне харчове виробництво є одним з найбільших секторів харчової промисловості, характеризується стабільністю та стрімким зростанням, а також показує низький рівень вразливості до негативних спадів в економіці країни та світу в цілому. Сьогодні український кондитерський ринок за рецептурними та технологічними характеристиками майже нічим не відрізняється від європейського, оскільки вітчизняні виробники пропонують різноманітний асортимент кондитерської продукції своїм споживачам, який налічує близько 1000 найменувань. Тим самим в Україні, а і у всьому світі, може бути забезпечена безпека харчових товарів, а сформована структура експортної торгівлі сприяє розвитку інших галузей промисловості [1–6].

Кондитерська глазура, як складова кондитерської галузі харчових виробництв України, є цілком сформованою та займає успішну позицію на європейському ринку. Важливе місце серед продукції кондитерської галузі посідають шоколадні цукеркові вироби: за даними статистики у структурі споживання кондитерської продукції в Україні їх частка у загальному обсязі становить близько 24% [1–3]. З метою надання конкурентоспроможності своїй продукції виробники приділяють особливу увагу технології її розробки та забезпечення необхідних властивостей: структурно-механічних, реологічних, а також досягнення необхідних характеристик. Реалізація цієї задачі може здійснюватися у різних напрямках: зниження кількості дефектів поверхні виробів; використання в технологічному процесі збагачувальних добавок; внесення сировинних інгредієнтів, які дозволяють досягти певного технологічного ефекту без застосування синтетичних компонентів тощо. Природа та характеристики жирової фази кондитерської шоколадної глазури впливають на її функціональні та технологічні властивості і, в кінцевому визначенні, на якість продукції [2, 4]

**Характеристика об'єктів та мети дослідження.** Об'єкт дослідження – шоколадна глазура, як кондитерський виріб має характеристику: багатокomпонентний харчовий продукт, готовий до вживання, має певну задану форму, отриманий в результаті технологічної обробки основних видів сировини – цукру і жирів, какао-продуктів, з додаванням або без додавання харчових інгредієнтів, харчових добавок і ароматизаторів [1–3] (табл. 1: шоколад 1 – без додатків; 2 – молочний; 3 – молочний з горіхами; 4 – пористий молочний).

Мета дослідження – у процесах глазурування необхідно встановити зв'язок між властивостями плинності маси, товщиною шару глазури, швидкістю її кристалізації і застигання, здатністю маси приймати конкретну форму та відповідати вимогам нормативно-технічної документації (НТД).

Таблиця 1 – Середній хімічний склад шоколаду

Склад	1	2	3	4
Вода	0.8	0.9	0.9	0.9
Білки	5.4	6.9	7.3	6.9
Жири	35.3	35.7	34.5	35.55
Вуглеводи	47.2	49.5	49.8	49.4
Клітковина	3.9	2.0	2.1	2.1
Органічні кислоти	0.9	0.5	0.55	0.7
Зола	1.1	1.6	1.6	1.6
Вітаміни (мк): А	-	Следи	Следи	Следи
В1	0.04	0.05	0.05	0.05
В2	0.12	0.26	0.22	0.26
РР	0.74	0.50	0.49	0.50
Енергетична цінність (Ккал)	540	547	541	545

Робота присвячена розширенню різновидів шоколадної глазури з рослинної та молочної сировини з урахуванням сучасних уявлень про розробку сучасних технологій їх використання.

© Бухкало С.І., Земелько М.Л., Іглін С.П., 2021



Аналіз теоретичних передумов завдання досліджень є випуск функціональних харчових продуктів для різновидів дієтичного, профілактичного і лікувально-профілактичного харчування.

#### Аналіз літературних даних та відомості про технологію виробництва.

Дослідження вчених показують, що велику цінність для організму людини представляють поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), що містяться в рослинних оліях (табл. 2), головним чином у насінні та плодах. Використання рослинної та молочної сировини в технологіях шоколадних виробів є перспективним з огляду на різноманіття їх хімічного складу. З іншого боку, складові речовини такої сировини (харчові волокна, білки тощо) можуть вступати у взаємодію з рецептурними компонентами цукерок і впливати на перебіг технологічних процесів. Зважаючи на те, що метою роботи було удосконалення технології шоколадних мас глазури, на наступному етапі вважали за доцільне проаналізувати особливості формування її структури.

Таблиця 2. Деякі відомості про вміст ліпідів

Компонент	Вміст, %
Соняшник семянка	30,00–58,00
Бавовник	20,00–29,00
Льон насіння	30,00–48,00
Соя насіння	15,00–25,00
Маслини	28,00–50,00
Гірчиця	25,00–49,00
Пшениця	2,70
Жито	2,50
Кукурудза	5,60
Какао (боби)	49,00–57,00
Кокосова пальма (копра)	65,00–72,00

Ліпіди – складні суміші ефіроподібних органічних з'єднань з близькими фізико-хімічними властивостями, яка знаходиться у клітинах рослин, тварин та мікроорганізмів. Унікальний спектр лікувально-профілактичних ефектів зумовив широкий діапазон для їх застосування. Використання масел і жирів при виробництві шоколадної глазури зумовлено їх унікальними властивостями: ці інгредієнти надають продуктам певну консистенцію і приємну текстуру, сприяють швидкому насиченню, а також забезпечують необхідні технологічні характеристики, наприклад, консистенцію та текучість. Поживна цінність масел і жирів при виробництві шоколадної глазури визначається жирнокислотним складом, а також розподілом жирних кислот в молекулі тригліцеридів. У свою чергу, жирні кислоти, як основні структурні елементи тригліцеридів, значно розрізняються по довжині вуглецевого ланцюга, числу і положенню в ній подвійних зв'язків, просторової конфігурацією,

що обумовлює їх фізичні, хімічні і біологічні властивості [1–6].

Дослідження впливу харчової добавки на якість шоколадної глазури визначили за інноваційним вибором емульгаторів, наприклад, суміш моно- і діацилгліцеролів [ТУ У 20.5-02070758-002-2012] в поєднанні із сухою молочною сироваткою та фруктовим концентратом. Технологічними характеристиками отриманої шоколадної глазури визначені реологічні, органолептичні та фізико-хімічні показники. Зразки шоколадної глазури готували у лабораторних умовах. За основу дослідження було обрано рецептуру шоколадної глазури, яку наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Рецептура шоколадної глазури

Компонент	Вміст, %
Какао-масло	17,42–18,42
Какао-терте	42,48
Цукрова пудра	39,1
ПАР	0–1

Комбінування молочної жиру і рослинних масел забезпечує потенційну можливість взаємного збагачення складових інгредієнтів рецептури за одним або декількома показниками і дозволяє створювати продукти збалансованого складу, в тому числі спеціально розроблених цільових різновидів.

Таким чином, оптимізація складу і властивостей з метою створення продуктів, найбільш повно відповідних технології виробництва та якості продукції, зумовлює напрямки розробки інноваційних систем. Проектування складу продуктів з урахуванням вимог збалансованості за жирнокислотним, амінокислотним, мінеральному і вітамінному складом є предметом пріоритетних наукових досліджень та практичних розробок [6–9]

#### Опис наукового обґрунтування алгоритму визначення математичних моделей експериментального дослідження.

Біологічна ефективність ліпідів визначається, з одного боку, структурними характеристиками жирних кислот, з іншого – їх співвідношенням і вмістом в жирах різних за своєю природою і функціональної спрямованості компонентів. Особлива роль в складі жиру належить есенціальним поліненасичених жирних кислот, наприклад, лінолевої C<sub>18:2</sub>, ліноленової C<sub>18:3</sub> і арахідонової C<sub>20:4</sub>. Ці жирні кислоти, як і деякі амінокислоти білків, відносяться до незамінних, які не синтезуються в організмі, і потреба в них може бути задоволена тільки за рахунок їжі. Додаткові компоненти (суху молочну сироватку та фруктовий концентрат) додавали в глазур за рахунок зменшення частки цукрової пудри. Кількість харчової добавки – емульгатора 0...1,0%.

На сьогодні виробники шоколадних глазурей все частіше стали використовувати замість сухого молока суху молочну сироватку, замінюючи при цьому деякий відсоток цукру. Суха молочна сироватка являє собою дрібнодисперсний сухий гігроскопічний порошок від білого до жовтого кольору. Смак і запах – солодкий, солонуватий, злегка кислуватий, без сторонніх присмаків і запахів. Сухий продукт виробляється з натуральної молочної підсирної або сирної сироватки, яка є побічним продуктом при виробництві сирів, сиру або казеїну, методом розпилювального або плівкового сушіння <http://www.kompanion-spb.ru/>. Сироватка містить в собі білки, лактозу, мінерали і воду, при виготовленні сирів і сиру в неї переходить велика частина лактози, а також практично всі молочні солі, мінеральні речовини і мікроелементи. Саме цей склад робить її вкрай корисною для людини і незамінною у виробництві багатьох харчових продуктів. Протеїн сироватки є найбільш легкозасвоюваним і за своїм складом він найбільш близький до білка жіночого молока. Імуностимулююча дія сироватки пов'язана зі складом (незамінних) амінокислот протеїну сироватки: у порівнянні з казеїном в 4 рази більше цистеїну і в 19 разів більше триптофану, що забезпечує регенерацію білків печінки, утворення гемоглобіну і білків плазми крові. <http://www.tagris.org/molochnye-belki/syvorotka/>

Основним компонентом сухих речовин сироватки є молочний цукор (лактоза). Гідроліз (розкладання) лактози в кишечнику протікає повільно, у зв'язку з чим обмежуються процеси бродіння і нормалізується життєдіяльність корисної кишкової мікрофлори – сповільнюються гнильні процеси, газотворення і всмоктування токсичних гнильних продуктів. У молочній сироватці міститься невелика кількість жиру 0,05–0,4 %, проте якість його висока. Цінність молочного жиру сироватки визначається наявністю фосфоліпідів, які беруть участь у процесах передачі кисню і позитивно впливають на згортання крові, окислення жирних

кислот, посилення діяльності ферментів. Жир молочної сироватки має високу засвоюваність за рахунок наявності дрібних жирових кульок.

При виробництві жирових глазурей суху молочну сироватку вводять в суміш з сухими компонентами, передбаченими рецептурою (какао-порошком, цукром та ін), в кількості 5% маси цукру в рецептурі, при цьому кількість цукру зменшується на 5% в розрахунку на суху речовину: <http://www.tagris.org/molochnye-belki/syvorotka/>. Їх введення не повинно погіршувати якість готового продукту (табл. 4). Тому раціональне дозування додаткових компонентів визначали, виходячи із органолептичних показників якості глазури.

Таблиця 4 – Рецептури шоколадної глазури з сухою молочною сироваткою (K1) та фруктовим концентратом (K2)

Компонент	Вміст K1, %	Вміст K2, %
Какао-масло	17,42–18,42	17,42–18,42
Какао-терте	42,48	42,48
Цукрова пудра	37,10	33,85
Суха молочна сироватка	2	–
Фруктовий концентрат	–	3,25
ПАР	0–1	0–1

Важливим етапом визначення раціонального складу рецептури шоколадної глазури є визначення прикладів математичних моделей експериментальних досліджень (рис. 1, рис. 2). Для дослідження залежності в'язкості від концентрації ПАР використовувалися такі три моделі: лінійна (двохпараметрична):  $y = b_0 + b_1x$ ; квадратична (трьохпараметрична):  $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ ; модель вичерпання зі змінним початковим значенням (двохпараметрична):  $y = b_1e^{-b_2x}$ . Модель вичерпання зі сталим початковим значенням (однопараметрична):  $y = 5.65e^{-b_1x}$  (рис. 3 – рис. 6).

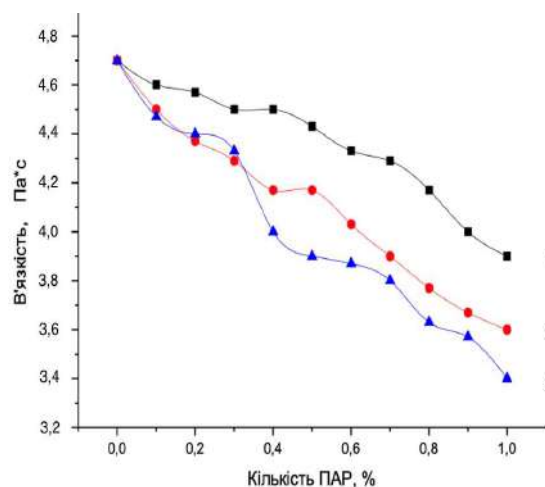
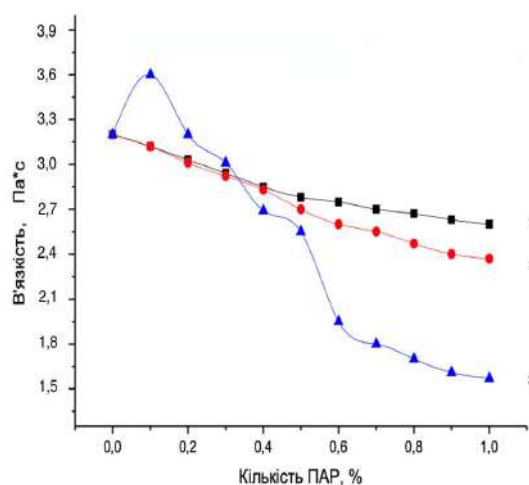


Рис 1 та 2 – Приклади алгоритмів математичних моделей експерименту

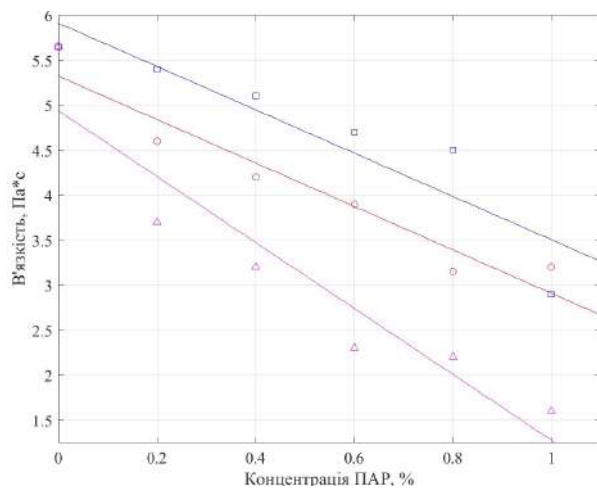


Рис. 3 – Приклади лінійної моделі

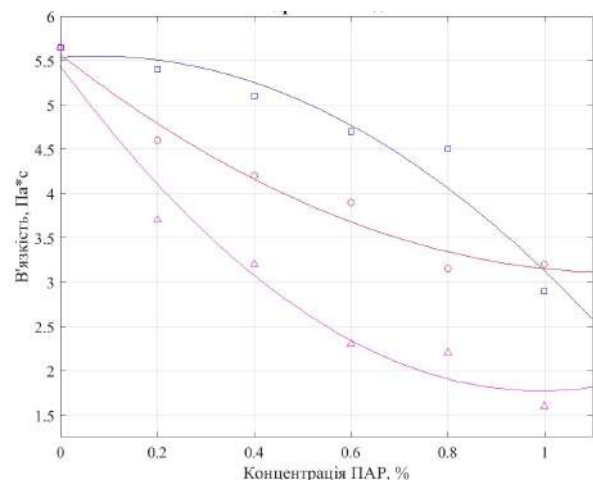


Рис. 4 – Приклади квадратичної моделі

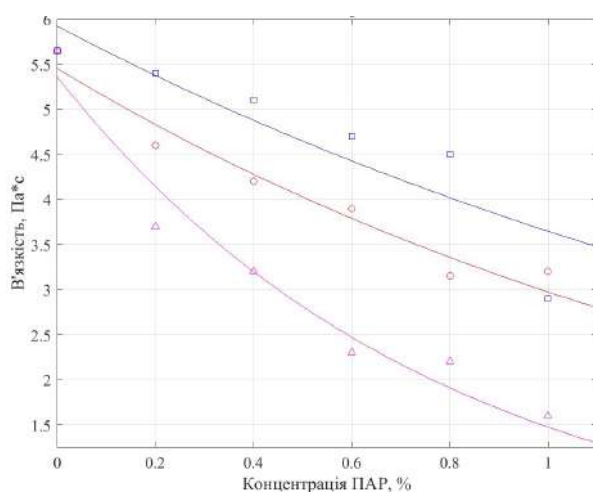


Рис. 5 – Приклади моделі вичерпання

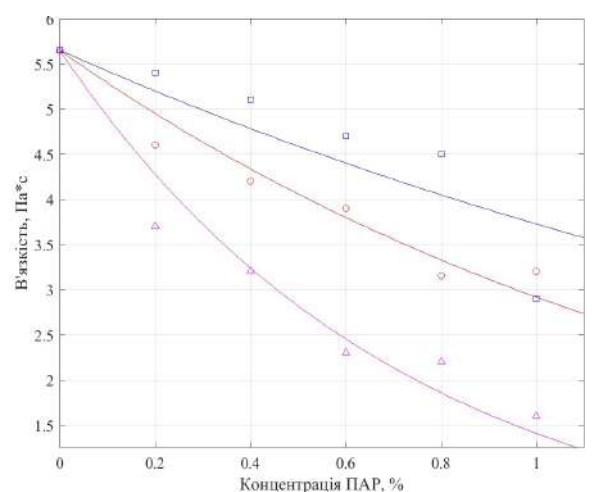


Рис. 6 – Приклади моделі вичерпання 2

Аналіз результатів кривих з рис. 1: крива 1 (лецитин) –  $D_{\min} = 0.00305$  для квадратичної моделі; крива 2 –  $D_{\min} = 0.00127$  для моделі вичерпання з одним параметром (харчова добавка-емульгатор з відпрацьованої пальмової олії); крива 3 (харчова добавка-емульгатор з тваринного жиру) –  $D_{\min} = 0.04794$  для лінійної моделі.

Аналіз результатів кривих з рис. 2: крива 1 (лецитин) –  $D_{\min} = 0.00163$  для квадратичної моделі; крива 2 (харчова добавка-емульгатор з відпрацьованої пальмової олії) –  $D_{\min} = 0.00192$  для моделі вичерпання з двома параметрами; крива 3 (харчова добавка-емульгатор з відпрацьованої пальмової олії) –  $D_{\min} = 0.00305$  для квадратичної моделі.

**Аналіз результатів дослідження.** Перш за все треба відзначити, що за класифікацією-ідентифікацією какао масла (СВ) природний, дорогий інгредієнт, тому дослідники постійно розробляють різновиди альтернативної сировини за прийнятою світовою класифікацією-ідентифікацією:

1) СВЕ як еквіваленти какао масла – жири, що мають дуже схожий з СВ жирно-кислотний склад, можуть бути змішані з ним у будь-якому

співвідношенні. Глазурі на СВЕ необхідно темперувати, крім випадків, коли готовий продукт піддається зберіганню при негативних температурах;

2) СBR як заміники какао масла – жири нелауринового походження, сумісність з СВ з жирової основи становить 20%. Існує два типи жирів, які відрізняються методом отримання: або гідрогенізації природних олій або більш складної комбінацією переробки — фракціонування та гідрогенізації. СBR не вимагають темперування;

3) СBS як сурогати какао-масла – жири лауринового походження, жирно-кислотний склад яких повністю не збігається з СВ. Допускається тільки 5% присутності СBS в жировій основі, тому в якості носія какао частинок можливе використання тільки какао-порошку низької жирності, СBS не вимагають темперування.

Серед поширеніших видів глазурі кондитерської галузі харчової промисловості у наших дослідженнях виділені наступні: шоколадна глазур (у складі продукту має містяться не менше 25% какао-порошку і близько 12% масла какао); глазур, виготовлена з молочного шоколаду відрізняється вмістом у своєму складі крім какао-порошку і масла

какао молока, а також молочного жиру; біла глазур містить у своєму складі велику кількість молока, а також молочного жиру, через що продукт набуває характерний колір; класична кондитерська глазур приготовлена з цукру і какао продуктів; цукрова глазур відрізняється швидкістю і легкістю приготування.

Співвідношення основних компонентів рецептури шоколадної маси може коливатися в значних межах (табл. 5 та 6). Проте є ряд обмежень, які обумовлені, з однією сторони, технологією виробництва, а з другої - споживчими якостями, головним чином смаком. Наприклад, масова частка жиру в шоколадній масі повинна знаходитися в межах 31–36%. Такий вміст жиру забезпечує необхідну для формування текучість маси. Жир вводять в шоколадну масу у вигляді какао масла разом з какао тертом (масова частка жиру близько

54%). У зв'язку з цим при збільшенні частки какао тертого, має бути знижена частка какао олії і навпаки. При цьому слід враховувати, що деяку кількість жиру можна вводити з добавками (молоко, горіх, соєві фосфатидні концентрати тощо).

З метою зниження в'язкості шоколадних мас застосовують рослинні фосфатидні концентрати: прикладом одного з найбільш широко використовуваних харчових емульгаторів є лецитин. Додавання сухої молочної сироватки дозволяє знизити в'язкість (Па·с) глазурувальної системи до 3200 в порівнянні з в'язкістю класичної глазури, яка становить 3300. Додавання 0,4% харчової добавки-емульгатора з тваринного жиру дозволяє знизити в'язкість шоколадної глазури до 2690, а при додаванні лецитину або харчових добавки-емульгатора з відпрацьованої пальмової олії такий показник досягається вже при 0,3% ПАР (рис. 1).

Таблиця 5 – Загальна класифікація-ідентифікація математичних моделей для різновидів розроблених глазурей за рис. 1.

Вид	Математичні моделі для різновидів експериментальних залежностей глазурей з рис. 1.
1	Лінійна модель $y = b(0)+b(1)*x$ ; $y = 3.14762 - 0.57857*x$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $3.01372 \leq b0 \leq 3.28152$ ; $-0.79971 \leq b1 \leq -0.35744$ . Квадратична модель $y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2$ ; $y = 3.19821 - 0.95804*x + 0.37946*x^2$ ; Довірчі інтервали для параметрів моделі: $3.03883 \leq b0 \leq 3.35760$ ; $-1.70765 \leq b1 \leq -0.20842$ ; $-0.34008 \leq b2 \leq 1.09901$ . Модель вичерпання $y = b(1)*e^{-(b(2)*x)}$ ; $y = 3.15845*e^{(-0.20461*x)}$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $2.94514 \leq b1 \leq 3.37175$ ; $0.08522 \leq b2 \leq 0.32401$
2	Лінійна модель $y = b(0)+b(1)*x$ ; $y = 3.16905 - 0.82143*x$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $3.06978 \leq b0 \leq 3.26832$ ; $-0.98537 \leq b1 \leq -0.65749$ . Квадратична модель $y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2$ ; $y = 3.21071 - 1.13393*x + 0.31250*x^2$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $3.10634 \leq b0 \leq 3.31509$ ; $-1.62483 \leq b1 \leq -0.64303$ ; $-0.15870 \leq b2 \leq 0.78370$ . Модель вичерпання $y = b(1)*e^{-(b(2)*x)}$ ; $y = 3.18812*e^{(-0.30017*x)}$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $3.05087 \leq b1 \leq 3.32537$ ; $0.22144 \leq b2 \leq 0.37890$ .
3	Лінійна модель $y = b(0)+b(1)*x$ ; $y = 3.33571 - 1.89143*x$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $2.89576 \leq b0 \leq 3.77567$ ; $-2.61800 \leq b1 \leq -1.16486$ . Квадратична модель $y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2$ ; $y = 3.36786 - 2.13250*x + 0.24107*x^2$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $2.64528 \leq b0 \leq 4.09043$ ; $-5.53088 \leq b1 \leq 1.26588$ ; $-3.02098 \leq b2 \leq 3.50312$ . Модель вичерпання $y = b(1)*e^{-(b(2)*x)}$ ; $y = 3.41634*e^{(-0.78388*x)}$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $2.54955 \leq b1 \leq 4.28312$ ; $0.22383 \leq b2 \leq 1.34392$ .

Таблиця 6 – Загальна класифікація-ідентифікація математичних моделей для різновидів розроблених глазурей за рис. 2.

Вид	Математичні моделі для різновидів експериментальних залежностей глазурей з рис. 2
1	Лінійна модель $y = b(0)+b(1)*x$ ; $y = 4.73905 - 0.75143*x$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.59667 \leq b0 \leq 4.88143$ ; $-0.98656 \leq b1 \leq -0.51630$ . Квадратична модель $y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2$ ; $y = 4.67179 - 0.24696*x - 0.50446*x^2$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.55545 \leq b0 \leq 4.78813$ ; $-0.79413 \leq b1 \leq 0.30020$ ; $-1.02968 \leq b2 \leq 0.02075$ . Модель вичерпання $y = b(1)*e^{-(b(2)*x)}$ ; $y = 4.74357*e^{(-0.17046*x)}$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.47679 \leq b1 \leq 5.01035$ ; $0.07220 \leq b2 \leq 0.26872$ .
2	Лінійна модель $y = b(0)+b(1)*x$ ; $y = 4.64571 - 1.06143*x$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.54672 \leq b0 \leq 4.74471$ ; $-1.22492 \leq b1 \leq -0.89794$ . Квадратична модель $y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2$ ; $y = 4.67071 - 1.24893*x + 0.18750*x^2$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.52546 \leq b0 \leq 4.81597$ ; $-1.93209 \leq b1 \leq -0.56576$ ; $-0.46826 \leq b2 \leq 0.84326$ . Модель вичерпання $y = b(1)*e^{-(b(2)*x)}$ ; $y = 4.66494*e^{(-0.25868*x)}$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.51241 \leq b1 \leq 4.81746$ ; $0.19977 \leq b2 \leq 0.31759$ .
3	Лінійна модель $y = b(0)+b(1)*x$ ; $y = 4.63095 - 1.27857*x$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.46355 \leq b0 \leq 4.79836$ ; $-1.55503 \leq b1 \leq -1.00211$ . Квадратична модель $y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2$ ; $y = 4.70536 - 1.83661*x + 0.55804*x^2$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.54597 \leq b0 \leq 4.86474$ ; $-2.58622 \leq b1 \leq -1.08699$ ; $-0.16151 \leq b2 \leq 1.27758$ . Модель вичерпання $y = b(1)*e^{-(b(2)*x)}$ ; $y = 4.66398*e^{(-0.32362*x)}$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $4.43833 \leq b1 \leq 4.88963$ ; $0.23438 \leq b2 \leq 0.41285$ .

В'язкість глазури (Па·с) з додаванням фруктового концентрату (рис. 2) збільшилась до 4700, в порівнянні з в'язкістю класичної глазури, яка становить 3300. При додаванні 1% ПАР найкращий результат в'язкості спостерігався з використанням харчової добавки-емульгатора з тваринного жиру (3400), при тому, що з використанням лецитину досліджуваній показник сягав 3900, а з харчовою добавкою-емульгатором з відпрацьованої пальмової олії – 3600.

#### Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Додавання сухої молочної сироватки і фруктового концентрату впливає на зміну в'язкості шоколадної глазури. Так з додаванням першого компонента в'язкість з 3300 знижується до 3200 Па·с, а з додаванням другого компонента та ж величина підвищується до 4700 Па·с. Зниження в'язкості для всіх рецептур шоколадних глазурей є необхідним, так як зі зниженням в'язкості збільшиться текучість глазурей, і як наслідок, вони будуть рівномірно покривати кондитерський виріб, що поліпшить процес глазурування. Необхідність аналізу процесів виробництва шоколадної глазури і раціонального додавання її до рецептури рецептури виробів обґрунтовується наступними міркуваннями. У шоколадній масі для виготовлення з неї виробів кількість какао-масла 34–36 %, а для глазури – небагато більше (для забезпечення більшої її плинності). Основні показники технологічної якості шоколадної глазури, що регламентовані у нормативній документації, можна умовно розділити на кількісні: в'язкість, стабільність, температура використання та якісні (зовнішній вигляд та органолептичні показники). Саме кількісні показники були визначені для отриманих нами шоколадних глазурей при різних концентраціях поверхнево-активних речовин (ПАР), яка коливалася в межах 1–1,0% (мас.), з подальшим встановленням між ними певної залежності [10–12].

#### Список літератури

1. Новий етап солодкого життя: аналіз ринку шоколадних кондитерських виробів в Україні. URL: <https://proconsulting.ua/ua/pressroom/novyj-etap-sladkoj-zhizni-analiz-rynka-shokoladnykh-konditerskih-izdelij-v-ukrainie>. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL://http://www.ukrstat.gov.ua
2. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] / Бухкало С.І., Товажнянський Л.Л., Капустенко П.О. та ін. Підручник з грифом МОН. Київ «ЦНЛ»: 2011, 832 с.
3. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] / Бухкало С.І., Товажнянський Л.Л., Білоус О.В. та ін. Підручник з грифом МОН. Київ «ЦНЛ»: 2016, 470 с.
4. Минифай Б.У. Шоколад, конфеты, карамель и другие кондитерские изделия / пер. с англ. под общ. науч. ред. Т.В. Савенковой. – СПб.: Профессия, 2008. – 816 с.
5. Нечаев А.П. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 640 с.
6. Олейникова А.Я. Технология кондитерских изделий / А.Я.

Олейникова, Л.М. Аксенова, Г.О. Магомедов. – СПб.: РАПП, 2010. – 672 с.

7. Білоус О.В., Демидов І.М., Бухкало С.І. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули // Eastern-European journal of enterprise technologies – PC “TECHNOLOGY CENTER” 2015. № 1/6 (73). – С. 22–26.
8. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S. Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019). 6(11(102)),66-  
doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442
9. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
11. 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
12. 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.
13. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести), 2-ге вид. доп. Ч. 2. [текст] Підручник з грифом МОН. К.: «ЦНЛ»: 2018, 108 с.
14. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю), 2-ге вид. доп. Ч. 2. Підр. з грифом МОН. К.: «ЦНЛ»: 2019, 108 с.
15. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження впливу деяких технологічних параметрів на реологічні характеристики різновидів шоколадних глазурей. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2021. – № 1 (1361). – с. 62–70.

#### Bibliography (transliterated)

1. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah [tekst] / Bukhhalo S.I., Tovazhnyans'kij L.L., Kapustenko P.O. ta in. Pidruchnik z grifom MON. Kiiv CNL 2011, 832 p.
2. Modified lecithin, preparation thereof, and use as an antioxidant E Decker - US Patent App. 16/008,227, 2018.
3. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] / Bukhhalo S.I., Tovazhnyans'kij L.L., Bilous O.V.. Pidruchnik z grifom MON. Kiiv CNL 2016, 470 p.
4. Minifaj B.U. Shokolad, konfety, karamel' i drugie konditerskie izdelija / per. s angl. pod obshh. nach. red. T.V. Savenkovej. – SPb.: Professija, 2008. – 816 p.
5. Nechaev A.P. Pishhevaja himija/A.P. Nechaev, S.E. Traubenberg, A.A. Kochetkova. SPb: GIORД, 2003. 640 p.
6. Olejnikova A.Ja. Tehnologija konditerskih izdelij / A.Ja. Olejnikova, L.M. Aksenova, G.O. Magomedov. – SPb.: RAPP, 2010. – 672 p.
7. Bilous O.V., Demidov I.M., Bukhhalo S.I. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listja gorihu volos'kogo ta kalenduli // Eastern-European journal of enterprise technologies – PC “TECHNOLOGY CENTER” 2015. № 1/6 (73). – pp. 22–26.
8. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S. Development of a food



- antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019). 6(11(102)),66-  
doi:<http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442>
9. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kh: NTU «KhPI». p. 217.
  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., 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. No. 15(1340). pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
  12. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017). Kh.: Ch. III, – p. 14.
  13. 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. K.: CNL 2018, 108 p.
  14. 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.: CNL: 2019, 108 p.
  15. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja vplivu dejakih tehnologichnih parametriv na reologichni harakteristiki riznovidiv shokoladnih glazurej. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2021. – № 1 (1361). – pp. 62–70.

Надійшла (received) 19.11.2021

#### 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](mailto:bis.khr@gmail.com)

**Земелько Марія Леонідівна (Zemelko Mariia Leonidovna, Mariia Zemelko)** – викладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна; e-mail: [kushnir2609@gmail.com](mailto:kushnir2609@gmail.com)

**Іглин Сергій Петрович (Iglin Sergii Petrovich, Iglin Sergii Petrovich)** – кандидат технічних наук, професор кафедри прикладної математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9144-7427>; e-mail: [bis.khr@gmail.com](mailto:bis.khr@gmail.com)

**S. I. BUKHALO, MARIIA ZEMELKO, S. P. IGLIN**

#### RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE COMPONENTS OF CHOCOLATE GLAZES ON THEIR RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS

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

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

**С. И. БУХКАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО, С. П. ИГЛИН**

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ШОКОЛАДНЫХ ГЛАЗУРЕЙ НА ИХ РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Продолжены исследования математических моделей шоколадной глазури как объекта кондитерской отрасли пищевой технологии, с целью изучения реологических характеристик. Важные технологические задачи, а именно: способствует замедлению процессов окисления; улучшению эмульгирующих и диспергирующих свойств; предотвращает очерствение отдельных видов продукции; препятствует попаданию влаги, чем увеличивает срок годности кондитерского изделия и др. На втором этапе определяются основные проблемы – научное обоснование рецептурных составляющих технологии производства продукции с учетом показателей качество-себестоимость. Далее для заданных параметров технологии производства определяют составляющие рецептуры шоколадных глазурей. В качестве примера представлены результаты исследований выбранных технологических параметров некоторых композиций шоколадных глазурей сравнительный анализ эффективности их воздействия на реологические свойства композиций на основе какао-масла. Анализ полученных результатов и расчетных уравнений позволил предложить рекомендации по интенсификации процессов производства, что эффективно снижает вязкость композиций на основе какао-масла, и, в свою очередь, дает возможность использовать их для частичной замены лецитина при производстве кондитерских изделий.

**Ключевые слова:** шоколадные глазури, реологические характеристики, интенсификация технологических процессов.



S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, Z. H. DERKUNSKA, N. PSYCHKINA, A. VYPOVSKA

### STARTUP PROJECTS MACHINE TRANSLATION STRATEGY IN EXAMPLES AND PROBLEMS

The importance of ICT usage implementation in the startup project machine translation is analyzed. It has been studied that translation is of great importance for any startup project for establishing relationships with potential clients around the world. The role of the translator in the startup project is studied. Translation has been proved to be important for any startup project to build relationships with potential clients around the world. A comprehensive analysis of the translation of startup projects from Ukrainian into English using the latest information and communication technologies in this process. Peculiarities of using modern ICT in translating the description of startup projects from Ukrainian into English are obvious. Exploring the use of information and computer technology in the translation process. It is determined that it is important for a translator of a startup project to understand all the features of using the software, choose the appropriate programs or online tools and develop a strategy for the translation process in the project. The results of this work are very important and necessary for further study of the features of the use of ICT in the translation of startup projects. Startup projects machine translation strategy is given in examples and problems for better understanding

**Key words:** ICT, Information and Communications Technology, translation, startup projects, strategy

**Introduction.** Worldwide demand of translation services has dramatically accelerated in the last decades, as an effect of the market globalization and the growth of the Information Society. Machine translation (MT) is fast and cheap but far from publication quality. Computer assisted translation tools are currently the dominant technology in the translation and localization market, and those including machine translation engines are on the increase. The importance of developing the state in an innovative direction has been discussed in Ukraine: the necessary laws are adopted, programs are approved, technology transfer centers and business incubators are developed, trainings, forums and competitions of innovative ideas are constantly held.

Computer assisted translation tools are currently the dominant technology in the translation and localization market, and those including MT engines are on the increase. A startup is a creative work with a new idea, it is a search for a business model for an innovative idea that did not exist before, and which will be able to bring real income in the future – is a creative environment in which inventors learn, communicate and work on their projects; is planning a strategy, in correct management for entering various markets technology. The startup path is different from the standard business path. According to Bert Esserlink, author of one of the first localization manuals, the project translation includes such types of work as project management; translation of web content; translation and computer typesetting of documentation; translation and arrangement of multimedia elements; checking the functionality of localized software or web applications [1]: it can be concluded that the translator is actively involved in the following stages of project preparation 1) translation of business strategies, documentation and certificates, 2) website localization and its testing, 3) technical support, 4) project promotion on the market [2].

**Identification of previously unsettled parts of the general problem.** Computer-assisted translation is a broad term, which identifies specific tools and software used by language professionals to increase the productivity and improve the quality of their work.

This definition covers software as diverse as specialised text editors, spell checkers, grammar checkers, terminology databases, dictionaries, translation memories, electronic dictionaries, etc. Main components of any tool are the editor where users read the source text and input their comtranslations and the translation memory, a database used to store translated texts. Texts are generally broken down into minimal units, called segments, which usually consist of sentences or paragraphs. The professional translators requirements for the machine translation quality are much higher than those of non-professionals. These figures indicate that some translators are really interested in using automatic translation tools to increase labor productivity and reduce time costs. At the present time, new programs are constantly appearing, the already known ones are being updated or radically revised.

The main components of modern information technology in the translation business should primarily include: information and reference; accumulation, archiving, search and restoration tools of fragmented translations; formatting and conversion means of text data; translation texts localization means; tools for translation quality control. The segments found in the text which match the source text exactly, are called exact matches or 100% matches and usually do not require any intervention from the translator. Fuzzy matches are those that only partially match the source text and are assigned a different score expressing the percentage of similarity. Machine translation is nowadays dominated by the so-called statistical approach, in which the translation process is expressed as a search problem that computes an optimal sequence of rule to apply.

#### **The main part.**

Translation rules are automatically extracted from a large parallel corpus and a probabilistic model over the translation rules that is build and optimised to best fit the data. According to the employed probabilistic model, the sequence of rules may generate linear or hierarchical structures.

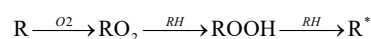
© Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Derkunska ZH., Pshychkina N., Vypovska A., 2021

Progress in MT research has quickly found a way to the marketplace. Most prominently, perhaps, is the large-scale effort by Google to make translation for many language pairs available online, which uses standard statistical MT methods paired with massive computer clusters. Google's MT targets the problem of Web page translation, while commercial offerings of companies such as Language Weaver in the United States and Systran in Europe offer specialized statistical and hybrid systems to individual clients. Note that the academic research community is at the forefront of extending the state of the art in the field.

1) To make the analysis of implementation ICT usage translation in Startup projects: «As estimated by the World Bank report (Hoorweg and Bhada-Tata, 2012) about  $1.3 \times 10^9$  t of Municipal Solid Waste (MSW) was generated worldwide in 2012, with a projection to increase to  $2.2 \times 10^9$  t in 2025. Generally, over 10 % of this amount is polymer plastics. Current waste-to-energy technologies are well suitable for sustainable waste management and mitigation of environmental effects (Fodor and Klemeš, 2012) by increasing energy efficiency in the area (Touš et al., 2014). However, incineration of plastic solid waste (PSW) is a major source of air pollution by toxic gases like Dioxins, Furans, Mercury, Polychlorinated Biphenyls, Halogens, and other hazardous substances that are posing a threat to the environment and human health (Verma et al., 2016). Besides, the initial production of new plastics requires 4 % of the world's crude oil production that is equivalent to 1.3 109 barrels a year (Kreiger et al., 2014) and recycling of plastic solid waste is contributing to limiting of crude oil consumption. Sustainable recycling of PSW enables reduction of crude oil usage, while reducing environmentally hazardous carbon dioxide, other toxic emissions and landfill waste disposal. It gives opportunities to manufacture new products without consumption of new materials in this way contributing to sustainable development (Mwanza and Mbohwa, 2017). The economically and environmentally beneficial utilization of PSW requires a synergetic approach combining different methods of its treatment to obtain the optimal solution» [B]

2) To define the role of a translator for a Start up project «The results of experiments on polyethylene recycling with analysis of obtained polyethylene foams, their properties and effects of different recycling process parameters are presented. The main attention is paid to PSW with reduced to a critical minimum physical-mechanical, physical-chemical, rheological, molecular, structure and other characteristics. It concerns polymer waste that lost some of its quality for various reasons of exploitation or being a mixture of different grades and compositions of polymers and other materials. The research is aimed at studying such issues as the development of modern high-performance models of synergistic recycling-modification of polyolefin polymeric solids in order to produce innovative secondary polymers.» [B].

3) To identify main aspects of ICT startup projects translation «The study of the process of auto-oxidation of polyolefin during the operation is performed accounting for three stages: the period of induction, which accompanies the stage of nucleation of the molecular chains; acceleration period, which corresponds to the growth stages of the chains; the deceleration period corresponding to the stage of the chain breaks. The analysis of all these processes chemical mechanisms is performed. The development of all oxidative processes starts from the polymer surface and the introduction of oxygen deep into the material is determined by the rate of diffusion of oxygen into polymers. Therefore, film materials, according to this research, are most prone to photoconductive degradation. The synergy of inhibitors for the oxidation of polyolefin in our studies is associated with chain free radical fat oxidation processes (possible end products) schematically expressed by the sequence of reactions. The synergy of inhibitors for the oxidation of polyolefin in our studies is associated with chain free radical fat oxidation processes (possible end products) schematically expressed by the sequence of reactions:



To achieve synergistic effects, information is used on the types of interactions of the components.» [3, 4]. It was established a general increase in technological properties (P – productivity, %) with the introduction of a modifier (C–0 – 5 %), which leads to an increase in productivity during the granulation process (Fig. 1), as well as to improving the quality of products.

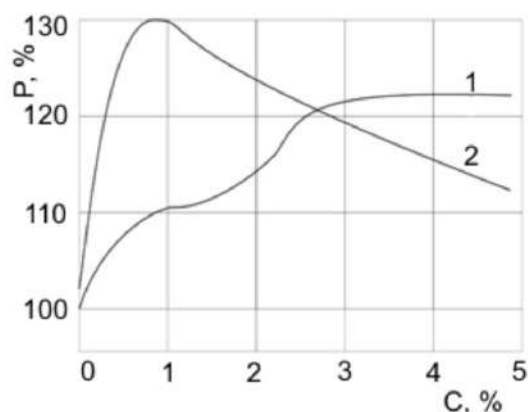


Figure 1 – The productivity of the granulation process of compositions: 1 – SPE + SB; 2 – SPE + polyethylhydrosiloxane

4) To determine the ICT usage implementation in startup project translation process «This research has been supported by the EU project «Sustainable Process Integration Laboratory – SPIL», project No. CZ.02.1.01/0.0/0.0/15\_003/0000456 funded by EU «CZ Operational Programme Research, Development and Education», Priority 1: Strengthening capacity for quality research in a collaboration agreement with National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» [4].

Translation competence includes linguistic, communicative, text-forming, technical competence, as well as the personal characteristics of the translator. A translator in a startup project team needs not only to be well oriented and understand the thematic vocabulary, but he is also required to apply other important work

skills in practice (Figure 2). [2]

Possession of information technologies and automated translation tools is an important component of translation competence, including linguistic, communicative, extralinguistic, text-forming and other competencies.

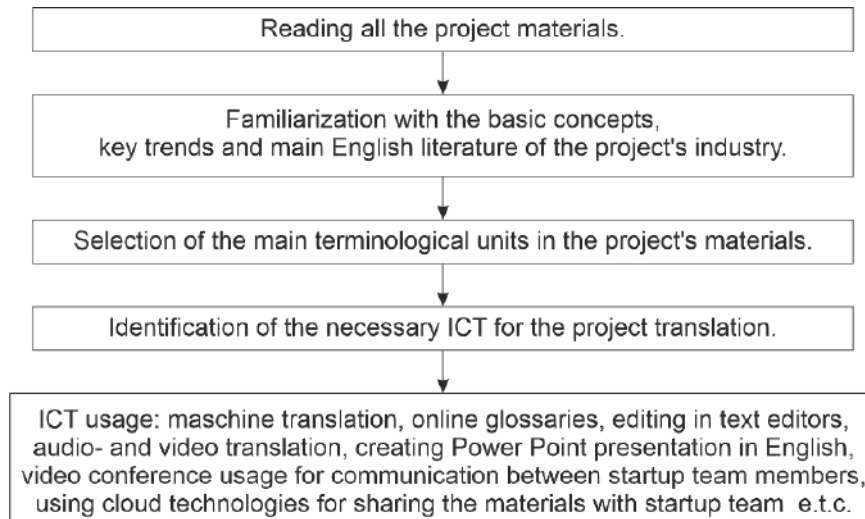


Figure 2 – Startup projects translation strategy. Source: author's development

The use of Internet technologies greatly facilitates the work of the translator and saves time, allows to speed up the process of exchanging information, and quickly resolve emerging problems in the translated text. However, none of the existing electronic programs is capable of providing high-quality translation without the participation of a human translator, which makes it relevant to training in translation for representatives of various professional fields.

Today, computer technology helps to facilitate human life in many areas of its activities. It optimizes our work, helping to reduce both physical and intellectual costs.

There are software products and online services that belong to the field of so-called machine translation. These are all kinds of programs or websites that to some extent provide machine translation services. "Machine translation is an action performed on a computer to convert text in one language into equivalent content in another language, as well as the result of such action"[4].

At machine translation the following forms of computer and the human-translator interaction are possible:

- with post-editing (the source text is translated by the machine, and the human-translator edits the received result);
- with pre-editing (first, the person formatting the text for further processing by the machine. At the same time, it simplifies the text as much as possible, replacing complex words with synonyms and eliminating possible ambiguous readings);
- with interrediting (the source text is translated by the machine, but at the same time the human-

translator interferes in its work and solves difficult cases);

- mixed systems.

In general, the machine translation scheme includes the following stages [5]:

1. source language text input into the computer;
2. its morphological analysis, the speech parts definitions and each word morphological characteristics;
3. syntactic analysis of each sentence in the source text (search for the main sentence members and determining syntactic connections types between them, expressed in the form of a tree of dependencies or a tree of direct components);
4. semantic analysis of each sentence, as a result of which a semantic representation of this sentence is created;
5. syntactic synthesis of sentences (sentences creation with the correct syntactic structure, corresponding to the source language rules and the type of syntactic sentence structure in translation language;
6. morphological synthesis of each word as part of individual sentences of the text (setting the words of the TL in the desired morphological forms);
7. the text output on the TL.

Machine translation has both obvious advantages and disadvantages [6].

The first advantage is the high translation speed. In just a few seconds, machine translation is ready. One do not have to spend hours flipping through dictionaries to translate each word or wasting time waiting for a translation from a professional translator.

The next advantage of machine translation is its relative low cost. There are many online translators who

provide their services for free. While the professional translator services cost money.

Another machine translation advantage is its accessibility. Anyone who has the Internet access or installs an offline machine translator's version can use it at any time from anywhere and receive a translation.

The fourth machine translation advantage is its versatility. Machine translators can usually translate text from almost any language into any other language. While professional translators most often specialize in one or more languages.

The main disadvantage of machine translation is its poor quality. Automatic translation services mostly translate text verbatim, without understanding the information and taking into account the context. They can convey the general essence of the text, however, they make lexical and grammatical errors. In some cases, the meaning of a single sentence or even the entire text may be completely distorted after translation [9].

Machine translation cannot consider context and decide how to deal with uncertain situations. While a professional translator can analyze the context and use his experience.

The word «automatic» is often used instead of the word «machine», which does not distort the meaning. However, the term «automated translation» has a different meaning. It is a programs complex that helps to translate texts, but does not perform the complete translation process instead of a human.

There are following automated translation and human interaction forms:

- partially automated translation (for example, a person uses computer dictionaries when translating);
- systems with labor division (the computer is programmed to translate phrases only of a rigid structure. Everything that does not correspond to this structure is returned to human for translation).

It is important to draw attention to the following important fact. It is often enough for an ordinary user who is not a professional translator to understand for himself the essence of the translated document, so such a user will not place high demands on the quality of machine translation. On the contrary, professional translators who strive to ensure that the quality of their translated text is high, as a result of cooperation with machine translation, they prefer to obtain a text that would contain as few inaccuracies, semantic, grammatical and stylistic errors as possible, since this would allow translators to reduce effort amount, time and post-edit costs.

According to translation industry experts, if a translation contains a large number of errors, it may take as much time to finalize it as to translate a text from scratch, that is, without the help of appropriate computer programs. In this regard, the professional translators requirements for the quality of machine translation are much higher than those of non-professionals. These figures indicate that some translators are really interested in using automatic translation tools to increase labor productivity and reduce time costs.

Since machine translation requires subsequent editing by the translator, some researchers suggest optimizing this process. A close examination of the corrections made by the translators during editing shows that these are mainly stylistic changes.

And if, indeed, it is assumed that professional translators should translate so that their translation does not contain stylistic errors, then it is unreasonable to expect the same high quality from machine translation results, including machine translation that has undergone “machine” editing. Texts such as user manuals may well contain some literal translation, provided that the information they contain is conveyed in clear, accurate, grammatically correct language.

In the translation business, as in any other business industry, the basis of information technology is the computer technology and software usage. Like any other, the translation business can gain or suffer greatly from the computerization of its technology. The task of each participant in the translation business is to correctly assess the state of affairs in their area and rationally use powerful information technologies (or determine the need for their use). New information technologies in translation presuppose the use of a computer only as a means of implementing the most complex specialized software. A complete inventory of the linguistic process software would be quite difficult. At the present time, new programs are constantly appearing, the already known ones are being updated or radically revised. The main components of modern information technology in the translation business should primarily include:

- information and reference base (electronic dictionaries, reference books, encyclopedias, normative and terminological sources);
- accumulation, archiving, search and restoration tools of fragmented translations (“translation memory” systems);
- formatting and conversion means of text data;
- translation texts localization means;
- means to ensure translation quality control, etc.

On the Internet there are a huge amount of dictionaries, reference and other information, for example, the National Corpus of Texts, encyclopedias, electronic libraries, archives of newspapers, etc. The language is constantly changing, new terms and dictionaries appear, especially printed ones, it is simply not manage to reflect these changes. This applies to both spoken language and professional terms. And if, when translating spoken language, the translator can choose any suitable phrase based on the general context, then unfamiliar terms become a serious problem. Firstly, it is needed to use online dictionaries – maybe the term (word) a translator is looking for will be found there. One should not neglect explanatory dictionaries. Perhaps, after reading the interpretation of this word, the translator will have some ideas on how to convey its meaning in his native language. In addition to the large number of online dictionaries, there are professional forums. Colleagues on the translators' forums will not refuse help and will suggest the best translation option. Visiting professional

forums on a specific topic, be it cellular or venture capital, is another good way to get familiar with the vocabulary, especially if the translator is tackling a topic in which he is not a specialist himself.

When working with special and unfamiliar terminology, a translator should resort to checking the correctness of the translation using search engines. For example, a translator has found a translation in a dictionary, but he is not sure if it is appropriate in this context. There is a need to check himself through a search engine, for example, Google, or any other and see the results. If such a term/expression occurs in a language, the search engine will return many pages with similar phrases. In the same way, a translator can choose the most suitable from several options, comparing them according to the degree of "occurrence" on the Internet [49].

It should be noted that electronic resources are used in practice in a differentiated manner, depending on the translation type, text complexity, and the specific tasks that the translator faces.

Google-Translate or Google-Translator is a Google service designed to automatically translate a piece of text or a web page into another language. Google uses its own software and offers translation from any supported language to any supported language. The quality of translation depends on the subject matter and style of the source text, as well as on its grammatical, syntactic and lexical structure. The best translation quality can be achieved when the English language is the target language and the source language belongs to one of the countries of the European Union.

There are currently 103 languages available in Translator. About 100 trillion documents have been recognized and translated into various languages by Google, which provides a large base for working with source material.

The work of this translator is based on statistical analysis: the system selects the equivalent of the translation based on the frequency of use, and ultimately substitutes the option that has the highest percentage of matches. However, in most cases, the translation is performed using English, which acts as a metalanguage.

Algorithm of online translator:

- 1) selection of language units from the text (words, phrases, sentences);
- 2) similar language units search in databases;
- 3) checking the found unit for full compliance;
- 4) if the compliance is not complete, then return to the initial point;
- 5) submission of a finished translation;
- 6) entering the result in the database.

The developers are constantly working on the quality of translation through neural networks, as it is self-learning algorithms. In addition, translations into other languages are being developed.

It should be remembered that Google-Translate was originally created not to replace live translators, but to help modern participants in intercultural communication and multilingual information exchange to overcome

language barriers caused by ignorance of foreign languages.

Post-editing of machine translation is a new type of translator's activity that has taken a certain place in the modern translation process over the last five years.

There is an opinion that soon the profession of translator will go into the distant past "thanks" to MT. However, despite all the progress and success of MT today, many experts consider its mistakes inevitable: despite the emergence and rapid development of MT systems in recent years, as well as the emergence of neural machine translation, the developers promise as close as possible to "human translation" quality in the near future [7].

Association TAUS (Translation Automation User Society) is the association of players in the translation services market and translation automation provides the following definition of post-editing: "post-editing of machine translation is a process of improving the result of machine translation with minimal effort" [7]. An important component of the cited definition is refinement "with minimal effort", which is key to this activity and can even be called the basic skill of a post-editor.

The TAUS Association also highlights the purpose of post-editing and the task of the post-editor. The goal is to make the text clear to the recipient. The task is to improve the result of the MT with a minimum amount of effort in a minimum amount of time. This is the second important distinguishing feature of post-editing as a special type of activity – post-editing should be done "in the minimum possible amount of time", otherwise the efficiency of machine translation is significantly reduced and the question arises whether it should be used at all [8]. The following requirements are set for candidates:

- higher technical and/or linguistic education;
- at least one year experience in translation/texts editing on similar topics;
- experience in machine translation editing.

Specialists from the world's leading translation agencies have rather optimistic forecasts. They believe that by 2029 technology will be able to handle translations as well as humans. At the same time, they immediately add that such technical breakthroughs do not cancel the need to learn a foreign language. Even the best translation software cannot 100 percent preserve all the nuances and small details when working with works of art, and some moments cannot be translated at all.

Due to the fact that every dialect in the world is special, reading original literature will always remain preferred [9].

Also, professionals in this field pay attention to the fact that most people are often limited to knowledge of two or three languages. And through the use of the latest technological tools that will stimulate the increase in human mental abilities, it will be much easier to master them.

The creation of fully automated translation systems that meets the requirements of professionals, specialists from a wide range of fields, is difficult for technical, cybernetic, and linguistic reasons.

Until now, the transfer of the functions of a translator to an automated device was possible only if precise translation rules were drawn up, that is, compilation of dictionaries and grammars for specific translation needs and tasks, therefore, the only translator at a quality level that satisfies the market is still a person.

During the translation work with the startup projects catalog, it was taken a decision to develop a translation strategy. It consisted of specific steps in the work:

- 1) carefully read the texts of the startup projects one by one;
- 2) highlight the main directions for our translation: Energetics, IT, Materials and Technologies;
- 3) acquaintance with projects, their main innovative ideas;
- 4) highlight special vocabulary, terminology, complex grammatical structures;
- 5) analysis of existing ICT for translation;
- 6) choosing the most suitable tool for the best result;
- 7) translation of the startup projects catalog using ICT (online dictionaries, online translators, other necessary software);
- 8) creation of presentations of some projects for the final defense of the project. When translating the catalog of final Challenge start-up projects, it was reviewed 98 projects from 7 directions: ecology, IT, energetics, agriculture, medicine, materials and technologies, another direction[10].

A startup is always about new and innovative things. It is about the desire to solve a certain problem of society or to simplify some aspect of life. The text of the project, presentation and all types of documentation will always contain industry terminology. In some cases, the terms will be created by the startup team members themselves [11–17].

During startup projects translation, in our opinion, the main difficulties include:

- translation of complex terminological groups;
- logical connections explication hidden behind the ornate syntactic sentence structure;
- verbosity or tautology elimination present in the original text;
- mental editing of grammatical errors during the oral translation that can make it difficult to understand the original text.

Does a startup need a translator? An average knowledge of English may be enough to communicate with international partners, but this will not be enough, for example, to bring the project to world markets.

Every month there are a lot of startups competitions in the world, which will help the project not only to get a cash prize, but also to find mentors, to get into a business incubator. However, most standing competitions require to fill out an application in English. In this case, the startup team must not only provide general information about the project, but also tell about the financial part, business models, market prospects and the team.

Filling out an application in English is only a small part of the iceberg, but you need to approach it responsibly. It is important not just to tell about the project, the main goal is to interest the right people, and this is often a difficult task even in the native language. Even if the startup team members are confident in their English knowledge, it will be useful to entrust professionals with at least editing.

In case the team has prepared its pitch and there is no doubt that in Ukrainian they can convince anyone to invest the right amount in the project. However, does it sound convincing in English as well? It is not enough to have an idea that will shoot. It is important to be able to convey it in a form that may be of interest to potential investors and mentors. Only a native speaker, who, in addition to his native English, is fluent in Ukrainian, will be able to make the pitch emotional and interesting.

The success of a startup is ensured if it solves global problems and can be scaled not within the country, but around the world. In order to find out about the project, the team needs to translate presentations, promotional materials and the site into English.

It is also important to entrust localization to professionals, because poor translation is not only a waste of money and damage to the project image, but also a waste of time, which among startups has a great value.

Teams of startups that develop innovative products sooner or later face the need to patent the technology for protection. The purpose of patenting is to secure exclusive rights to manufacture and sell products containing inventions in a certain geographical area.

Different patent offices have different requirements for the language in which an application should be filed. Today, a very popular system of patenting inventions, provided by the Patent Cooperation Treaty (PCT), in which the application can be filed in one of the established 8 languages, including English. However, some of the procedures in the application process will require the submission of documentation in Russian or French.

The European Patent Office shall apply only in English, French or German. When translating such documentation, accuracy in the description of the invention is important, as any distortion of information here can have serious consequences[18].

A full-fledged translation can only be performed by a qualified specialist in the field of science or technology with translation competence, with which the source text is thematically related. This means that, orienting himself in his narrow professional sphere and owning the terminology, such a specialist need to:

- have knowledge of-grammar and vocabulary of two languages;
- know sufficiently the culture of both peoples;
- take into account the extralinguistic aspects of the translated text;
- solve complex problems of transferring not



only information, but also imagery, understatement, many different linguistic signs shades of the original, which makes it possible to consider translation competence as a complex concept.

A competent translator, unlike a machine-translator, is guided by a large number of criteria when choosing a foreign language equivalent. These include not only the meaning of each word and the meaning of the grammatical constructions used, but also the concept of the value, novelty of the information offered, the possibility of compressing information, using standard formulas, clichés. A professional translator can, depending on the audience of listeners or readers to whom the translation is intended, make corrections, clarifications, substitutions in the translation text, and also maintains a style of presentation defined for a particular genre, builds equivalents of terms that are not in dictionaries [19].

After the first acquaintance with the startup projects catalog, it was decided to develop a translation strategy. It consisted of specific steps in our work:

Step 1. We carefully read the texts of the startup projects one by one. Highlighted the main directions for our translation: Energetics, IT, Materials and Technologies.

Step 2. Detailed acquaintance with projects, their main innovative ideas.

Step 3. Highlighting special vocabulary, terminology, complex grammatical structures. Translation of several projects without the ICT use.

Step 4. Analysis of existing ICT for translation. Choosing the most suitable tool for the best result.

Step 5. Translation of the startup projects catalog using ICT (online dictionaries, online translators, other

necessary software). Creation of presentations of some projects for the final defense of the project [20, 21].

#### Conclusions and ideas for further investigation.

Translation competence includes linguistic, communicative, text-forming, technical competence, as well as the personal characteristics of the translator. The present article is an outline of the most significant studies in the field of startup strategy machine translation problems. Classification and analysis of difficulties arising in the process of translation are presented, their basic reasons are explained. Ways of solving the problems of machine translation strategy are suggested. A translator in a startup project team needs not only to be well oriented and understand the thematic vocabulary, but he is also required to apply other important work skills in practice.

During our translation work with the startup projects catalog, a translation strategy was developed. The research purpose was to identify the ICT usage peculiarities during translating the startup projects and review the strategy aspects.

The practical results of the study are considered, including an analysis of the main features of the startup projects texts translation from Ukrainian into English and the ICT usage in startup projects translation.

As the study result, its main purposes were achieved, all tasks were solved, a strategy for startup projects translation and the ICT usage in this process was proposed.

Further research may focus on a detailed study of startup projects translation and other ICT translation tools.

#### Список літератури

1. Бухкало С.І. Деякі концепції сталого розвитку України Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 172.
2. Бухкало С.І. Основні властивості плівкового полімерного покриття геліоколекторів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 173.
3. Бухкало С.І. Синергетичні моделі утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 41 (1263), С. 17–27.
4. 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
5. 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 «ХПІ», с. 181.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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
11. 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
  12. DePalma D. Business without Borders. A Strategic Guide to Global Marketing / A. Donald DePalma. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2002. 267 p.
  13. Esselink B. A Practical Guide to Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2000. 488 p.
  14. Esselink B. A Practical Guide to Software Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 1998. 309 p.
  15. Hutchins J. y H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
  16. 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.
  17. 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.
  18. 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.
  19. Yunker J. Beyond Borders. Web Globalization Strategies / John Yunker. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.
  20. Zetsche J. Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
  21. 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.
  - TRANSACTIONS. VOL. 70, 2018, pp. 2047–2052.
  5. 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.
  6. 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.
  7. 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.
  8. 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.
  9. 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. – Xarkiv: NTU «KhPI», p. 150.
  10. 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
  11. Bukhhalo S.I., Agejcheva A. O., Agejcheva O. O., Babash L. V., Pshy'chikina 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
  12. DePalma D. Business without Borders. A Strategic Guide to Global Marketing / A. Donald DePalma. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2002. 267 p.
  13. Esselink B. A Practical Guide to Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2000. 488 p.
  14. Esselink B. A Practical Guide to Software Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 1998. 309 p.
  15. Hutchins J. y H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
  16. 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.
  17. 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.
  18. 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

### Bibliography (transliterated)

1. 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. – Xarkiv: NTU KhPI», p. 172.
2. 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.
3. 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.
4. 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

- конференції MicroCAD-2020, Ч. II/ Ch. II/za red. prof. Sokola Ye.I. – Kh: NTU «KhPI», p.170.
19. Yunker J. Beyond Borders. Web Globalization Strategies / John Yunker. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.
20. Zetzsche J. Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
21. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'xovs'ka O.I., Ol'xovs'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.

Надійшла (received) 19.11.2021

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

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

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

*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

*Виповська Анастасія Євгенівна (Выповская Анастасия Евгеньевна, Vypovska Anastasiia Yevheniivna)* – магістрантка кафедри германської філології та перекладу, Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка»

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8541-0767>; e-mail: nvipovska@gmail.com

*Деркунська Жанна Вікторівна (Деркунская Жанна Викторовна, Derkunska Zhanna)* – викладач коледжу нафти і газу, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна e-mail derkunska@ukr.net

*Пшичкіна Наталія Георгіївна (Пшичкина Наталья Гергиевна, Pshychkina Nataliia)* - викладач коледжу нафти і газу, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна e-mail pshychkina@ukr.net

**С. И. БУХКАЛО, А. А. АГЕЙЧЕВА, А. Е. ВИПОВСКАЯ, Ж. В. ДЕРКУНСКАЯ, Н. Г. ПШИЧКИНА**

#### СТРАТЕГИЯ МАШИННОГО ПЕРЕКЛАДУ СТАРТАП ПРОЄКТІВ В ПРИКЛАДАХ І ЗАДАЧАХ

Проаналізовано важливість впровадження ІКТ у стартап проєкті з машинним перекладом. Доведено, що переклад має велике значення для будь-якого стартап-проєкту для налагодження стосунків з потенційними клієнтами по всьому світу. Досліджена роль перекладача в стартап-проєкті. Доведено, що переклад є важливим для будь-якого стартап проєкту для налагодження відносин з потенційними клієнтами по всьому світу. Виконано комплексний аналіз перекладу стартап проєктів з української мови на англійську із застосуванням новітніх інформаційно-комунікаційних технологій у цьому процесі. Виявлено особливості використання сучасних ІКТ при перекладі опису стартап проєктів з української мови на англійську. Дослідженню використання інформаційних та комп'ютерних технологій у процесі перекладу. Визначено, що перекладачу стартап проєкту важливо розуміти всі особливості використання програмного забезпечення, вибрати належні програми чи онлайн-інструменти та розробити стратегію перекладацького процесу. Результати даної роботи є дуже важливими та необхідними для подальшого дослідження особливостей використання ІКТ у перекладі стартап-проєктів.

**Ключові слова:** ІКТ, Інформаційно-комунікаційні технології, переклад, стартап-проєктів, стратегія

**С. I. БУХКАЛО, А. О. АГЕЙЧЕВА, А. Є. ВИПОВСЬКА, Ж. В. ДЕРКУНСЬКА, Н. Г. ПШИЧКИНА**

#### СТРАТЕГИЯ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА СТАРТАП ПРОЄКТОВ В ПРИМЕРАХ І ЗАДАЧАХ

Проанализированы важность внедрения ИКТ в стартап проекте с элементами машинного перевода. Доказано, что перевод имеет большое значение для любого стартап-проекта для налаживания отношений с потенциальными клиентами по всему миру. Исследована роль переводчика в стартап-проекты. Доказано, что перевод является важным для любого стартап проекта для налаживания отношений с потенциальными клиентами по всему миру. Выполнен комплексный анализ перевода стартап проектов с украинского языка на английский с применением новейших информационно-коммуникационных технологий в этом процессе. Выявлены особенности использования современных ИКТ при переводе описания стартап проектов с украинского языка на английский. Исследованию использования информационных и компьютерных технологий в процессе перевода. Определено, что переводчику стартап проекта важно понимать все особенности использования программного обеспечения, выбрать соответствующие программы или онлайн-инструменты и разработать стратегию переводческого процесса в проект. Результаты данной работы очень важны и необходимы для дальнейшего исследования особенностей использования ИКТ в переводе стартап-проектов

**Ключевые слова:** ИКТ, Информационно-коммуникационные технологии, перевод, стартап-проектов, стратегия

*М. М. ЗІПУННІКОВ, С. І. БУХКАЛО*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДНЮ ЗА ОПТИМАЛЬНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЯК СКЛАДОВА КОМПЛЕКСНОГО РОЗВИТКУ АСОЦІАЦІЇ EFCE та CFE-UA

Проведено аналіз перспектив розвитку водневої енергетики на території ЄС та України. Розглянуто можливості реалізації проектів та технології виробництва зеленого водню для промислового використання. Наведено умови реалізації проекту зі створення науково-дослідницького комплексного центру технології водню та водневих паливних елементів. Виконано огляд публікацій присвячених процесу отримання водню з води. Розглянуті основні чинники, які впливають на перебіг реакцій при отриманні водню з води із використанням сплавів. Рекомендовані сплави для отримання водню на автономних об'єктах. Наведено складові алгоритму дослідження з урахуванням системи факторів процесу виходячи з аналізу літературних даних з технології виробництва водню методом електролізу води. Встановлено загальні принципи розрахунку газогенераторів, які повинні базуватися на основних положеннях термодинаміки гетерогенних процесів: класична термодинаміка багатофазних та гетерогенних систем.

**Ключові слова:** водень, воднева енергетика, автономні об'єкти, електроліз води, газогенератор, паливні елементи, хімічний потенціал.

### Вступ.

У зв'язку із цим, в більшості країн Європи інтенсивно розробляються технології отримання водню з води. Висока калорійність і відсутність шкідливих речовин, у продуктах згоряння, визначають значні переваги водню у порівнянні з іншими видами палива з урахуванням, перш за все кліматичних змін та пандемії.

Відповідно до закріплених в EGD та нової промислової стратегії ЄС цілі Європейська комісія ЄС (ЕК) розробила «Водневу стратегію для кліматично нейтральної Європи», представлену на розгляд до Європейського парламенту та інших структур ЄС 8 липня 2020 р. [Воднева стратегія, 2020]. Її вміст опубліковано у документі «Забезпечення кліматично нейтральної економіки: стратегія ЄС з інтеграції енергетичних систем» – один із перших успішних кроків у реалізації програми Германії, Португалії та Словенії у період їхнього головування в ЄС у другій половині 2020 р. і в 2021 р. [1].

Зазвичай більшість експертів використовує позначення класифікації-ідентифікації технології водню, що будується на наступних підходах:

- 1) «сірий» водень – виробляють з викопних вуглеводнів шляхом парового риформінгу природного газу або газифікації вугілля, при цих процесах виділяється максимальна кількість вуглецю;
- 2) виробництво «блакитного» водню – поєднання риформінгу та газифікації з процесом уловлювання та зберігання CO<sub>2</sub>;
- 3) «бірюзовий» водень – утворюється в результаті термічного розкладання метану (піроліз);
- 4) «зелений» водень отримують шляхом електролізу води, використовуючи електрику тільки з відновлюваних джерел енергії;
- 5) електроліз за рахунок атомної енергії;
- 6) бурий водень – газифікація вугілля.

Найбільш чистий в екологічному відношенні – «зелений» водень, який виробляється електролізним

обладнанням з використанням електрики, що отримується від відновлюваних джерел енергії за рахунок сили вітру та енергії сонця, морських припливів та відливів.

Системи ЄК відмовляються від колірної підходу, та пропонують використовувати нову класифікацію-ідентифікацію, в основі якої аналогічний підхід – особливості технології виробничого процесу та вихідного матеріалу [1, 2].

### Характеристика об'єктів, їх актуальність та мета дослідження.

Розширення сфер застосування водню [2–4] пов'язують з якісними сучасними змінами, що відбуваються у даний час в хімічній, машинобудівній, металургійній промисловості та різновидах розвитку енергетичної сфери: водень широко використовується для синтезу аміаку, хлористого водню, метанолу і для виробництва малих об'ємів спеціальних хімічних компонентів, а саме, наприклад, перекису водню при виробництві миючих засобів та пральних порошоків.

На даний момент основною сировиною для отримання водню є вуглеводні. В перспективі, у зв'язку із безперервним збільшенням вартості нафти і газу, вода буде головним джерелом отримання водню.

**Об'єкт дослідження** – сучасна технологія виробництва водню з метою зниження вартості виробництва, що дозволить вирішити кліматичні та екологічні проблеми населення, пов'язані із виснаженням природних ресурсів, а також надасть можливість розширити області його застосування в енергетичних галузях.

**Мета дослідження** – провести аналіз перспектив розвитку водневої енергетики на території ЄС та України. Розглянути можливості реалізації проектів та технології виробництва зеленого водню для промислового використання.

© Зіпунніков М.М., Бухкало С.І., 2021

**Методи дослідження** – при вирішенні поставленого завдання застосовувався метод аналізу літературних джерел у галузі водневої енергетики та метод узагальнення отриманої інформації.

#### **Аналіз літературних даних та відомості про технологію виробництва.**

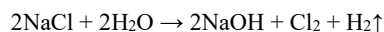
Вибір наявних можливостей загальної технології виробництва водню залежить повністю від виду, у якому перебуває сировина та цільове призначення його одержання.

Враховуючи поширення водню у вигляді різних сполук, його виділення має здійснюватися в ході реакцій розкладання із застосуванням, наприклад, відповідних хімічних методів [5]:

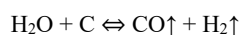
- а) реакція розкладання метану під час дії високої температури;
- б) розкладання води також за підтримки високих температур;
- в) технологія розкладання сірководню у високотемпературних умовах;
- г) технологія взаємодії металу з кислотою, наприклад, соляна кислота та цинк;
- д) технологія виробництва із гідриду натрію;
- е) вилучення з природного газу та ін.

Отримання або виділення водню в промисловості можна охарактеризувати за допомогою наведених нижче реакцій, у вигляді яких може бути представлено виробництво водню:

1. Процес електролізу, якому піддаються водні розчини солей:

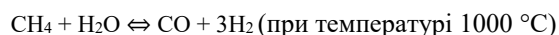


2. Пропускання водяної пари при температурі 1000 °С над розпеченим коксом:

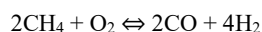


3. Спосіб отримання з природного газу:

а) конверсія з парою води:



б) окислення киснем у присутності каталізатора:



4. Риформінг і крекінг вуглеводнів при переробках нафти: у процесі крекінгу нафти виходить багато водню як побічного продукту. Але, на жаль, на нафтопереробних заводах нині спалюється водень марно, разом із іншими відходами крекінгу. Отримання водню за умов промисловості пов'язані з процесом виділення його з газу – з його основного компонента метану, його змішують із киснем та паром води. Виділення водню відбувається за високих температур: при нагріванні суміші зазначених газів до температури 800–900 °С відбувається реакція у присутності каталізатора – схематично представлена у вигляді рівняння:



Далі отриману газову суміш поділяють. Виділений водень очищується і використовується або на місці отримання, або транспортується в потрібне місце під підвищеним тиском в сталевих балонах.

Способом отримання водню в промисловості на даний момент залишається його виділення з переробки газів нафти або з коксового газу. Завдяки глибокому охолодженню, властивому даному методу, всі гази зріджуються, окрім водню.

#### **Приклади визначення складових науково-обґрунтованих технологій водню.**

На автономних об'єктах, можливо застосовувати силіколевий спосіб отримання водню з води [6, 7]. Простота обслуговування і порівняно висока продуктивність – головні переваги установок, які використовують силіколевий спосіб. Силіколем називають сплав кремнію і заліза. Кремній є основним елементом, що витісняє водень з води у присутності луґу.

Впровадження більш економічних методів та устаткування стримується тим, що загальна теорія взаємодії сплавів з водою знаходиться майже на початковій стадії свого розвитку. Відсутні також дослідні технологічні дані, які підтверджують можливість використання ряду промислових сплавів та визначають ієрархію їх використання, наприклад, сплави феросиліцію з добавками лужноземельних металів і сплавів на основі магнію.

У зв'язку з цим, удосконалення технології і норм розрахунку водневих газогенераторів на основі експериментального і теоретичного вивчення механізму гетерогенних реакцій, гідродинаміки і тепло-масообміну у трифазних потоках, є актуальною і практично значущою проблемою.

За потреби в промисловості можна здійснювати концентрування водню за допомогою різних процесів: криогенного; коротко-циклового; мембранного та ін. Матеріальні витрати можна визначити як більш рентабельні та ефективні для технологічного процесу виробництва водню при його концентруванні мембранним способом.

У промисловості є й інші способи виробництва водню, що реалізуються в процесах наступними складовими, наприклад:

- 1) електроліз водних розчинів солей;
- 2) взаємодія води з металами;
- 3) окислення киснем метану (при присутності каталізаторів) та деякі інші.

Вихідними сировинними продуктами може бути для виробництва водню різновиди сміття і навіть біологічні відходи [8, 9].

Поряд з електролізом, який потребує значних енергетичних витрат, у промисловості існують й інші напрямки для одержання водню, наприклад, плазмохімія: в основі цього методу лежить хімічна активність плазми (іонізованого газу). Надмірно високі температурні характеристики процесу та великі швидкості проходження хімічних реакцій у фазі газового стану забезпечують високу продуктивність плазмотрона.



Пряме розкладання водяної пари на водень і кисень плазмохімічним способом, нажаль, поки що малоефективне. Але такий водень придатний для застосування в галузях промисловості та енергетиці, бо він дешевший за електролізний майже в 15 разів.

За даними виробництв-виробників обладнання розроблені компактні, надійні системи, які безперервно та успішно використовуються понад 10 років. Ці системи розроблені для легкої установки та безпечної, надійної, повністю автоматизованої роботи. Вироблення газу відбувається при тиску, придатному для експлуатації, і газ може бути стиснутий практично до будь-якого тиску при виході з генератора (рис. 1).



Рис. 1 – Приклад сучасного обладнання виробництва водню – виробництво надчистого газу

Установки з промислового виробництва водню повинні бути надійними, з наявністю екологічно безпечних водневих генераторів, заснованих, наприклад, на технології неорганічного мембранного електролізу водних розчинів лугів.

У лужному електролізі реакція протікає в розчині, що складається з води і рідкого електроліту між двома електродами. При достатній напрузі між двома електродами, на катоді збираються молекули водню –  $H_2$ , а на аноді після проходження іонів  $OH^-$  через 30% розчин електроліту – розчину  $KOH$ , збирається кисень –  $O_2$ .

Отриманий водень піддається додатковому очищенню від води і кисню, а в атмосферу виділяється чистий кисень 997%. Домішками у ньому є лише водень та пари води. За потреби він може використовуватись для споживання.

Генератори, за даними виробників, мають наступні переваги: низька питома витрата електроенергії –  $4,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{нм}^3$ ; відсутність обслуговуючого персоналу та вузла підготовки електроліту; відсутність застосування токсичних матеріалів; застосування тільки нержавіючої сталі для трубопроводів та обладнання; компактне розміщення, швидкий пуск та регулювання продуктивності від 25 до 100% протягом 5–10 с.

Устаткування з виробництва водню зазвичай розміщується у шафах чи спеціальному контейнері.

Шафи в приміщенні встановлюються прямо на підлогу та приєднуються до енергоносіїв. Водневі генератори, за бажанням замовника, можуть бути поміщені у вибухозахисний корпус. Контейнер обладнаний вентиляцією, опаленням, теплоізоляцією та поставляється готовим до експлуатації. Усі параметри, що стосуються безпеки виробництва, постійно вимірюються та контролюються мікропроцесором. Більше того, всі контрольовані параметри фіксуються пристроєм, який у разі збою автоматично зупиняє виробництво газу. Комплексна компактна система одержання водню методом електролізу продуктивністю за воднем  $500 \text{ нм}^3/\text{год}$ . з високими показниками ефективності та експлуатаційною стабільністю (рис. 2).



Рис. 2 – Приклад сучасного обладнання виробництва водню – комплексна система

За технологічними описами виробників, обладнання розміщено в одному контейнері, установка складається з двох блоків основних компонентів, у блоці установки для отримання водню розташовані: панель управління генератора водню, випрямляч, трансформатор, розподільна коробка та розподільний пристрій, система демінералізованої води та блок поповнення води.

В електролізері демінералізована вода розщеплюється на водень і кисень усередині електролітичного осередку за допомогою постійного струму. Водень збирається на катодній стороні, потім піднімається через отвори в катодній стороні електродної пластини, а потім виходить із пластини. Кисень збирається на анодній стороні і виходить із пластини комірки.

Водень і кисень надходять до окремих сепараторів, де ці гази охолоджуються водою і відокремлюються від суміші під дією гравітаційних сил. Після цього водень надходить у промивач для видалення крапель луку, що містяться в газі, за допомогою демінералізованої води. Одночасно газ охолоджується змійовиком, вбудованим у промивач. В кінці процесу водень проходить через фільтр, розташований на вершні сепаратора, для видалення крапель води, і потрапляє в сушильну камеру.

Отриманий у процесі кисень надходить в атмосферу. Демінералізована вода надходить до промивача за допомогою насоса подачі води.

Функція лугу – покращення електропровідності під час водного електролізу. За нормальних експлуатаційних умов витрата лугу знаходиться близько нуля. Поповнення лугу відбувається лише за потребою, у невеликих кількостях.

Для підготовки лугу їдкий калій в твердому вигляді вносять у резервуар для лугу, наповнений на дві третини демінералізованою водою, а потім за допомогою насоса для лугу проходить процес перемішування і розчинення їдкого калію в демінералізованій воді.

Охолоджувальну воду використовують для наступних цілей:

1) Охолодження лугу всередині сепаратора і таким чином підтримка робочої температури електролізера в діапазоні 80–90 °С.

2) Охолодження водню та кисню за допомогою охолоджувача та температура газів на виході з охолоджувача не більше 40 °С.

Ієрархію процесів систем аналізу газу можна визначити за наступним описовим алгоритмом:

1) проба водню надходить у систему аналізу водню через пробовідбірну трубу, в якому дрібні краплі лугу відокремлюються в сепараторі для процесів газ-рідина;

2) газ надходить до аналізатора, де після зниження тиску газу перевіряється вміст кисню у водні;

3) перед тим, як водень надходить у відповідний резервуар для зберігання він відбирається в окремий вологомір для вимірювання точки роси;

4) відповідний сигнал надсилається в ПК для відображення та моніторингу;

5) відповідна програма управління вирішує, чи можна надсилати водень у резервуар для зберігання з урахуванням певних заданих умов.

Система автоматичного контролю управління – основна частина системи автоматичного контролю, що відповідає за забезпечення безпечного і стабільного функціонування всього обладнання.

Регулювання робочого тиску установки отримання водню забезпечує функціонування генератора при необхідному робочому тиску. Датчик тиску вимірює тиск у системі, дані про який передаються до ПК для порівняння із заданим робочим тиском. Результат, отриманий на ПК, конвертується у стандартний сигнал 4~20 мА постійного струму, а потім перетворюється. Робочий тиск зберігається на заданому значенні.

Ключовим компонентом електролізного скиду є пакет біполярних осередків для електролізу води під тиском. Пакет осередків складається з кільцевих електролізних осередків, у кожному з яких містяться два електроди та одна лужна неорганічна іонообмінна мембрана.

Генерація водню та кисню відбувається при подачі струму на пакет осередків. Гази потім направляються до газового сепаратора, який є подвійною ємністю під тиском з нержавіючої сталі, після якого вони промиваються в спеціально спроектованому напірному апараті, розташованому над газовим сепаратором.

Технологічна частина поставляється як повністю зібраний об'єкт, до якого включено обладнання, наприклад:

- газові сепаратори, установки промивання газоподібного водню та спеціальні фільтри;
- теплообмінники для електролізу та системи газового охолодження;
- лоток детектора витоку;
- детектор водню, панель аналізатора для водню в кисні;
- прилади стоків і розподільні коробки: датчики, трансмітери, реле і т.д.;
- клапани та вентиляційні колектори (H<sub>2</sub> та O<sub>2</sub>);
- блок керування;
- шафа панелі управління включає все відповідне обладнання для забезпечення автоматичної і надійної експлуатації установки. Панель керування за допомогою кабелів далі за представленими розробками буде приєднана як до технологічної частини, так і силових стійок [8, 9].

#### **Опис наукового обґрунтування алгоритму експериментального дослідження.**

Аналіз літературних даних з технології виробництва водню електролізом води виявив наступні складові алгоритму дослідження з урахуванням системи факторів процесу [10–12]:

- при отриманні водню із використанням феросиліцію ФС 75 і ФСА не досягається необхідна повнота перетворення початкових компонентів і витрачається значна кількість їдкого натру;
- передбачається, що за допомогою сплавів ФС з добавками лужноземельних металів вдасться знизити витрату їдкого натру на процес отримання водню і поліпшити вивантаження продуктів реакції;
- із зменшенням витрат концентрованого лугу, значно знизяться викиди шкідливих речовин в атмосферу;
- інформація про активність сплавів ФС з домішками кальцію і барію відсутня;
- промисловість випускає ряд сплавів перспективних для отримання водню, кінетичні дані яких невідомі;
- досліджено теплообмін між частинкою активованого алюмінію і потоком рідини, дані по теплообміну і температурі реакційної поверхні сплавів ФС відсутні;
- при вивченні циркуляції киплячого потоку у розрахунках враховувався тільки подовжній перепад ентальпій, вплив поперечного перепаду ентальпій в основному потоці розкрито недостатньо;

– відома модель процесу газогенерування аналогічна процесу випаровування. Дана модель справедлива для початкових режимів експлуатації, де відбувається кипіння води. З розвитком процесу гідродинамічну обстановку в реакторі визначає потік водню.

Недоліками силіколевого способу є низька повнота реагування, необхідність використовувати суміші ФС і луку, наявність лужних розчинів високої концентрації, що ускладнює конструкцію реакторів. Тому питання про активацію кремнію введенням різних добавок в сплави цілком актуальні.

#### **Приклад постановки завдання дослідження – реактори автономного застосування.**

У якості реагенту для реакторів автономного застосування виробництва водню методом електролізу використовують феросиліцій із розмірами частинок від 0,2 до 2,5 мм. Порошок сплаву подають шнеками, що не дозволяє розвинути тиск в реакторі вище 0,13 МПа. Не дивлячись на значну кількість виділеного тепла температура середовища в апараті не перевищує 105 – 118 °С, що досягається випаровуванням частини води, що надходить на реакцію. Установки розраховані на продуктивність 0,02 – 0,28 м<sup>3</sup>/с водню. Розширити вибір сплавів для застосування у виробництві водню, додавши до їх числа сплави ФС з добавками барію і кальцію, сплави ФСА з добавками марганцю, ФСА 4, ФСА 15, ФСА 30 і ФСА 32. Окрім дослідження активності кремнієвих сплавів, у завдання роботи входить вивчення реакційної здатності сплавів на основі алюмінію і магнію.

Рівноважні характеристики реакцій кальцію, барію, стронцію і магнію з водою передбачається уточнити на базі табульованих значень термодинамічних величин.

Завдання кінетичних досліджень зводиться до визначення чинників, що впливають на швидкість реакції. Необхідно отримати більш повну картину процесу за рахунок узагальнення дослідних даних трьома різними методами: у вигляді рівнянь формальної кінетики, термодинаміки незворотних процесів та тепло- і масообміну.

Встановлені технологічні режими отримання водню слід відпрацювати на дослідно-промисловому апараті [7, 8]. З метою удосконалення технології і норм розрахунку водневих газогенераторів на основі експериментального і теоретичного вивчення механізму гетерогенних реакцій, гідродинаміки і тепло-масообміну у трифазних потоках представлена наукова робота є актуальною і практично значущою проблемою.

Зниження вартості виробництва водню дозволить вирішити проблеми пов'язані із виснаженням природних ресурсів, а також надасть можливість розширити області його застосування.

Широко досліджено та науково визначено термодинаміку, кінетику і процеси тепломасообміну

при взаємодії із розчином їдкого натру ряду стандартних алюмінієвих порошків, а також алюмінію, активованого індієм, галієм та оловом. З кремнієвих сплавів проводили досліди із феросиліцієм ФС 75 і сплавами феросилікоалюмінію (ФСА), отримані сплавленням чистих компонентів [4]. Окрім цього випробувані сплави ФСА, отримані із неорганічної частини низькокалорійного вугілля, та аморфно-кристалічні сплави ФСА [5].

Рівноважні характеристики реакцій алюмінію, кремнію і заліза з водою уточнені на базі табульованих значень термодинамічних величин [13].

Аналіз нормативних матеріалів показує, що реакторне обладнання інтенсивно удосконалюється. Цьому сприяє розширення областей застосування водню. У зв'язку із розширенням галузей застосування водню проводяться роботи по збільшенню типорозмірів наявного обладнання та удосконаленню конструкцій реакторів. Зокрема, розроблено ряд дослідних транспортних і стаціонарних установок періодичної, напівперіодичної і безперервної дії.

Відомі реакторні установки високого і низького тиску. До складу установок низького тиску, працюючих по силіколевому методу, входять: реактор, шнековий живильник, ємкість для приготування розчину луку, конденсатор змішування, трубопроводи, арматура, насоси. Реактор представляє собою тонкостінну ємність, забезпечену ребрами жорсткості. Корпус апарату може бути овальної, циліндрової та прямокутної форми, днище і кришки виконуються еліптичними, конічними або плоскими. Об'єм газогенераторів коливається у межах 1,6 – 14,5 м<sup>3</sup>. Реагуючі компоненти займають третю частину апарату, останнє приходиться на простір сепарації. Виникаюча при газоутворенні циркуляція розчину забезпечує змив продуктів реакції з поверхні твердих частинок і прогрівання нових потоків речовин, що надходять у реактор. З підвищенням рівня розчину застосовують примусову циркуляцію потоків, для чого на кришці апарату встановлюють одну або дві мішалки.

Останніми роками намітилася тенденція до збільшення продуктивності реакторів, для чого застосовують двохгорлові балони ємкістю 80 л [14, 15] і 200 л [16] у складі установок напівперіодичної і безперервної дії (рис. 3). Установки безпечніші в експлуатації, проте, до цих пір відсутні рекомендації по вибору об'ємів реакторів. Удосконалення процесу обмежилось пошуком лише оптимальних режимів отримання водню за допомогою стандартного ФС 75, що випускається промисловістю і добавками порошку алюмінію для розігрівання реактора. Разом з тим, у вказаній літературі відсутні пропозиції по скороченню витрат реагентів на одиницю маси виробляемого водню за рахунок зміни структури і складу сплавів з добавками лужноземельних металів.

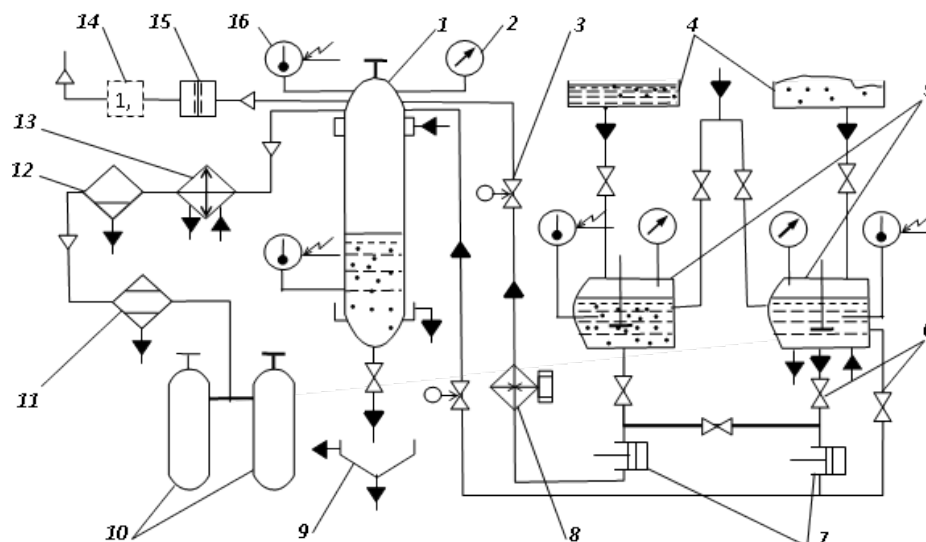


Рис. 3 – Схема автоматизованої реакторної установки (УВР):

1 – реактор, 2 – манометр, 3 – клапан пневмокерований, 4 – ємкості для реагентів, 5 – мішалки для приготування реагентів, 6 – клапани, 7 – насоси поршневі, 8 – теплообмінник з електронагрівом, 9 – ємкість для продуктів реакції, 10 – балони для водню, 11 – осушувач силікогелевий, 12 – сепаратор, 13 – конденсатор, 14 – вогнегасник, 15 – мембрана запобіжна, 16 – термометр електророз'ємний (термопара).

Дослідниками встановлені загальні принципи розрахунку газогенераторів, які повинні базуватися на основних положеннях термодинаміки гетерогенних процесів: класична термодинаміка багатофазних і гетерогенних систем викладена у роботах Гіббса [17, 18]; фундаментальні рівняння термодинаміки виражають функції тіл в межах незалежних змінних, які визначають стан. Як відомо, Гіббс ввів в ці рівняння хімічні потенціали, що дозволило розповсюдити методи загальної термодинаміки на системи змінного складу: спад запропонованих функцій виражає роботу, вироблену в оборотному процесі. Визначення термодинамічних потенціалів Гіббса можна представити як відомі три альтернативні форми стійкості

$$(\delta H)_{S,P} \geq 0, \quad (\delta F)_{T,V} \geq 0, \quad (\delta G)_{T,P} \geq 0, \quad (1)$$

де  $F$  – вільна енергія Гельмгольца.

Таким чином, стійкість термодинамічного стану розглядається по відношенню до безперервних і стрибкоподібних змін: 1) мова йде про стійкість по відношенню до нескінченно малих змін у вже існуючій фазі, тоді як 2) враховується виникнення абсолютно нової фази. Ці властивості Гіббс назвав «пасивними опорами». Механічним аналогом пасивних опорів може бути в'язкість або тертя ковзання. Рівновага, обумовлена пасивними опорами, відрізняється від рівноваги, забезпеченої «балансом активних тенденцій, що діють в системі». «Активні тенденції» спостерігаються тоді, коли прагнення, наприклад, алюмінію і води з'єднатися врівноважуються тенденцією продуктів реакції до дисоціації.

Термодинамічний метод дозволяє визначити: енергетичну можливість і напрям хімічних взаємодій; супроводжуючі реакцію теплові зміни; стійкість

утворюючих з'єднань; максимальні рівноважні концентрації продуктів реакції і граничний їх вихід; оптимальний режим процесу (температура, тиск і концентрація реагентів). Для реакцій, що здійснюються в ізобарно-ізотермічних умовах, можливість хімічних і фазових перетворень у закритій системі визначається рівнянням [19]

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ. \quad (2)$$

Від'ємні значення  $\Delta G^\circ$  свідчать про високу вірогідність реакцій. Для гетерогенних реакцій при зміні тиску в апараті значення енергії Гіббса знаходять по рівнянню [34]

$$\Delta G = \Delta G_0 + RT \ln(P_2/P_1), \quad (3)$$

де  $P_2$ ,  $P_1$  – кінцевий і початковий тиск в апараті, МПа.

Рівноважна термодинаміка не враховує чинник часу та характер перехідних процесів, хоча і накладає певні обмеження на кінетику процесу. Так, виконання стехіометричних співвідношень між реагентами і продуктами реакції означає, що для кожної реакції є одне і лише одне незалежне кінетичне рівняння. Між константами рівноваги і константами швидкості прямої і зворотної реакції, як відомо, існує взаємозв'язок, який дозволяє по двом величинам знайти третю [19]: згідно Вант-Гоффу, рівняння ізотерми реакції, що зв'язує величину константи рівноваги із зміною термодинамічного потенціалу, має вигляд

$$K = e^{-(\Delta G^\circ/RT)}, \quad (4)$$

де  $R$  – газова постійна, Дж/(кг·К).

З іншого боку, згідно закону діючих мас, константа рівноваги реакцій у даному випадку визначається із виразу

$$K = P_{H_2}^{v_{i1}} / P_{H_2O}^{v_j}, \quad (5)$$

де  $P$  – тиск газу, МПа;  $v_i, v_j$  – стехіометричні співвідношення компонентів.

Розраховавши константу рівноваги по виразу (4) і знаючи тиск водню в реакторі, можна визначити пружність водяної пари, і, тим самим, провести оцінку чистоти отриманого водню.

Повноту реакції знаходять за допомогою константи рівноваги по відомим методикам. Деякі дослідники припускають тісніший зв'язок між кінетикою і термодинамікою. Відомо, що високі температури прагнуть порушити хімічну інертність або «опори» до перетворення, що, як правило, приводить до збільшення швидкості реакції. У складніших ситуаціях швидкість може бути осцилюючою функцією температури. Для вузького інтервалу температур умов експлуатації водневих реакторів, співвідношення між «пасивними опорами» у системі і опорами, що мають «активні тенденції», змінюється очевидно слабо. Остання обставина дозволяє представити кінетичні дані через хімічні потенціали

$$dG/dt = A da/dt, \quad (6)$$

де  $A$  – спорідненість хімічної реакції або термодинамічний потенціал, Дж/моль;  
 $da/dt$  – швидкість хімічної реакції;

$$A = \sum_{i,j} v_i \mu_i, \quad (i = 1, \dots, i), (j = 1, \dots, j), \quad (7)$$

де  $j, i$  – фаза і компоненти у даній фазі, що беруть участь в реакції;

$v_i$  – стехіометричне число  $i$ -ї речовини;

$\mu_i$  – хімічний потенціал  $i$ -го компонента;

$\sum$  – підсумовування по всім фазам і речовинам, що беруть участь в реакції.

$$\mu_i = \left( \frac{\delta G}{\delta n_i} \right)_{P,T,n_i(\neq n_j)}; \quad (8)$$

де  $n_i$  – число молей.

Хімічний потенціал  $i$ -го компонента у багатокомпонентній суміші є збільшенням вільної енергії Гіббса суміші при введенні одиничної кількості  $i$ -го компонента в суміш при постійних температурі, тиску, концентрації (масі) інших компонентів (число зарядів компонентів тут не розглядається).

Якщо відомий стандартний хімічний потенціал  $\mu(p_0, T_0)$ , молярний об'єм  $V_m(p, T)$  (або щільність) і молярна ентальпія  $H_m(p, T)$  чистої речовини, то можна розрахувати хімічний потенціал при будь-якому іншому тиску  $p$  і температурі  $T$ . Альтернативний спосіб визначення хімічного потенціалу був запропонований Г. Н. Л'юїсом, який ввів поняття активності  $a_k$  речовини  $k$ .

Поняття активності особливо корисно при встановленні зв'язку між хімічними потенціалами і такими експериментально вимірюваними величинами, як концентрація і тиск, при цьому необхідно враховувати характерні особливості процесів, що протікають у них (табл. 1). Активність визначається із співвідношення [19]

$$\mu_k(p, T) = \mu(p_0, T) + RT \ln a_k. \quad (9)$$

Таблиця 1 – Приклад загальної класифікації-ідентифікації різновидів вимог для процесів виробництва водню

Вид характеристики прикладу	Складові впливу на процес
Забезпечення водостійкості сталей	Використання добавок хрому, молібдену, ванадію та вольфраму, що дозволить підвищити температуру їх використання до температури близько 700 °С.
Властивості сталей та продуктів реакції	Температуру процесу в реакторі слід підтримувати не вище 500–700 °С.
Тиск середовища у реакторі має бути у певних межах.	По-перше, згідно з принципом Ле-Шательє високий тиск перешкоджає утворенню водню та водяної пари, а по-друге, зі зростанням тиску підвищується металоємність обладнання та витрата електроенергії на подачу реагентів.
Максимальний діаметр часток енергоакуюлюючих речовин	При великих розмірах часток ущільнювальні поверхні запірних елементів арматури та насосів реакторної установки не можуть забезпечити достатню герметизацію обладнання (діаметр не повинен перевищувати 1–25 мм).
Вирішальний вплив на перебіг реакції – властивості сплавів	На поверхні легких металів утворюється оксидна плівка яка міцно зчеплена з поверхнею та у звичайних умовах не розчинна у воді. Досягти її руйнування можна, підвищуючи температуру або застосовуючи розчин лугу.
Швидкість циркуляції в реакторі як один з основних параметрів процесу	Досить висока швидкість потоку щодо твердих часток забезпечує змив гідроксиду, з їх поверхні. Постійне оновлення реакційної поверхні необхідне для підтримки високої швидкості реакції.

Великий попит у сфері водневої енергетики на феросилікоалюмінії за результатами дослідження та аналізу пояснюється тим, що він повністю перевершує за ефективністю традиційні сплави – феросиліцій і алюмокремнієві сплави.

Наприклад, як універсальний розкислювач в процесі виплавки легованої сталі замінює всі інші інгредієнти. При виплавці комплексного сплаву ФСА випробувані різні види шихтових матеріалів. В останні роки частіше використовуються вугільні

породи, так як вони містять всі компоненти, необхідні для виплавки ФСА (оксиди кремнію, алюмінію, заліза і вуглець), що дозволяє вирішити вартісні та екологічні проблеми. Головна перевага ФСА полягає в тому, що при електротермічному отриманні цього сплаву одиниця маси алюмінію обходиться дешевше, ніж при виробництві електролітичного алюмінію. Найбільш придатними для виплавки ФСА є вуглевідходи чотирьох вуглезбагачувальних фабрик Красноармійського району Донецької області, які характеризуються наявністю в зольному залишку 24 – 28 %  $Al_2O_3$  і 50 – 60 %  $SiO_2$ . В ході відновлюваного процесу в

електропечі залізо відновлюється практично повністю і збільшення його частки в шихті понад 6% супроводжується значним зниженням вмісту кремнію та алюмінію в сплаві.

Наприклад, для виробництва 1 м<sup>3</sup> водню використовують 1 кг сплаву феросиліцію (ФС75) та 0,5 кг NaOH. Замість ФС75 доцільно використовувати сплав ФСА, який виплавляють з неорганічних компонентів вугілля. Орієнтація на вугільні родовища при отриманні хімічних реагентів для виробництва водню є економічно найбільш обґрунтованим [7].

Таблиця 2 – Загальна класифікація-ідентифікація сучасних різновидів технологій водню

№ з/п	Зміст навчання	Очікувані результати навчання
1.	Аналіз та визначення ієрархії головних напрямків розвитку водневої енергетики.	Визначення та наукове обґрунтування складових дослідження
2.	Аналіз технології ресурсо- та енергозбереження: енергетичний мікс з урахуванням можливостей водневої енергетики.	Збір інформації щодо сучасних інноваційних технологій та методів інтенсифікації процесів видобутку водню
4	Визначення технологічного екологічно-безпечного комплексу для дослідження сучасних процесів та складових енергетичного міксу	Розвиток лабораторного практикуму з методів дослідження різновидів складових екологічно-безпечного енергетичного міксу
5	Особливості сучасних процесів отримання водню з води – алгоритми загальної технології, енергетичні та матеріальні розрахунки.	Розвиток практичних занять з курсу ЗТХВ «Загальна технологія харчових виробництв» – кінетичні закономірності.
6	Можливості розвитку та аналізу загальних компетентностей сучасних комплексних екологічно-безпечних проєктів.	Оновлення експериментальних та розрахункових матеріалів курсових проєктів з курсу «ЗТХВ» – інноваційні методи.
7	Ознайомлення з сучасними технологіями отримання водню з води із використанням енергоакуюлюючих речовин – загальна технологія виробництва.	Оновлення лекційного матеріалу з курсів «ЗТХВ» та ЗХТ «Загальна хімічна технологія» з урахуванням проведених досліджень
8	Дослідження та аналіз сучасного процесу утворення водню з води за допомогою сплавів на основі кремнію – загальна технологія виробництва.	Оновлення методів наукових досліджень для різновидів складових сучасних технологій водню курсів «ЗТХВ» та «ЗХТ»
9	Висновки та перспективи подальшого розвитку означених сучасних напрямків загальної технології харчових та хімічних виробництв.	Подальші наукові публікації з інноваційного застосування отриманих сучасних наукових матеріалів.

З метою розробки загальної технології виробництва водню, що застосовується для створення паливних елементів необхідно відзначити деякі недоліки складових процесів. Одержання водню проводять у кілька етапів, починаючи з каталітичних хімічних реакцій і закінчуючи різними рівнями очищення водню. Наприклад, водень може бути отриманий паровим риформінгом природного газу або на установках для виробництва водню – його вилучають з багатоводневим газовим потоком. При виробництві водню одержують продуктивний водневий газ, який включає побічні продукти: вуглекислий газ, чадний газ, метан, вода, аргон, азот і кисень. У залишкових газових потоках від хімічних або нафтохімічних процесів присутні різні домішки: вуглеводні, метанол, сірководень та аміак. Всі ці домішки повинні бути видалені, перш ніж він буде використаний в інших технологіях: очищення водню від різних домішок – головний етап на шляху отримання високоякісного продукту (рис. 4).

Промислове одержання водню та його подальше використання має на увазі наявність залишкових газових потоків та потоків побічних продуктивних газів, що містять значну кількість цінного водню.

Мембранні модулі GENERON® (рис. 5), а також професійне обладнання для водню дозволяють виділяти з таких газових потоків водень з мінімальними втратами 1–10 %, що економічно ефективно.

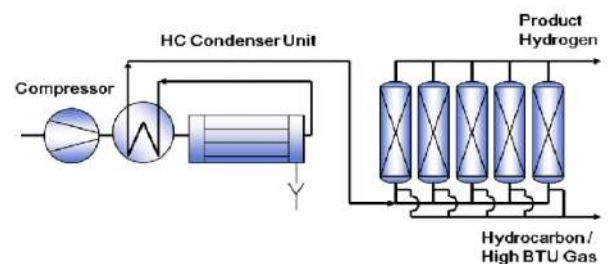


Рис. 4. Приклад технологічної схеми очищення водню



Чистота кінцевого продукту, отриманого із застосуванням мембранних установок для отримання водню, досягає 90–99.9%, що, безперечно, є дуже високим показником порівняно з будь-яким обладнанням, що конкурує. Промислове одержання водню потребує альтернативних та в достатній мірі ефективних технологій газового розділу.

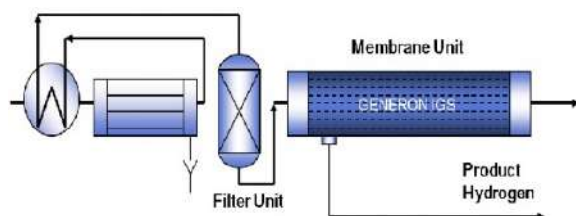


Рис. 5. Приклад технологічної схеми виробництва водню за мембранною технологією

Альтернативною технологією отримання водню з насичених воднем газових потоків є короткоциклова адсорбція (КЦА), що дозволяє отримувати водень понад високої чистоти (до 99.999%). Однак подібна установка для отримання водню має досить високу вартість, тому якщо вимоги до чистоти кінцевого продукту не такі високі, більш економічним буде використання, наприклад, мембранної технології GENERON®, перевагами якої за матеріалами дослідження є:

- 1) Висока ефективність – установка виробництва водню дозволяє одержати від 90% до 99% із газового потоку;
- 2) Економічність – мембранна установка для виробництва водню доступніша за вартістю в силу особливостей виробництва та монтажу;
- 3) Оперативність – подібне обладнання значно швидше виготовляється та вводиться в експлуатацію;
- 4) Мінімальні витрати на обслуговування, заміну обладнання та ін.
- 5) Тиск на вході до 138 бар.

Промислове одержання водню за допомогою мембранних модулів умовно поділяється на кілька етапів, що дозволяють отримувати високоякісний продукт без додаткових витрат часу. Для запобігання утворенню конденсату всередині поволоконних мембран, що надходить газ спочатку охолоджується для очищення від легких вуглеводнів.

Установка для виробництва водню за мембранною технологією автоматично проводить багатоступінчасте очищення газового потоку від сторонніх частинок та конденсату, газ попередньо підігрівається до необхідних температур перед входом у мембранні модулі.

Газоподібний водень проходить через стінки мембран – цей очищений потік (проникаючий газ) є продуктивним воднем. У цей час частина газу, що залишилася, продовжує свій рух по мембранному волокну на скидання (непроникний газ) [20, 21].

## Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

У статті представлена актуальність теми, вивчена світова тенденція щодо переходу до «зеленої» енергетики.

Розглянуто види водню за способами його одержання з урахуванням найбільш екологічного та ефективного способу виробництва промислового водню, розглянуто можливі джерела його одержання.

Внаслідок аналізу перспектив розвитку водневої енергетики в ЄС та Україні виявлено передумови для отримання «зеленого» водню у промислових масштабах. Визначені можливі великотоннажні джерела щодо його виробництва.

У статті наведено можливі умови реалізації проекту зі створення науково-дослідницького комплексного центру технології водню та водневих паливних елементів.

Розглянуто деякі необхідні елементи наукового обґрунтування можливого впливу технологічних параметрів та їх особливостей на промислові характеристики виробництва.

Визначено порядок дослідження системи вибору раціональних параметрів різновидів технології виробництва з метою навчання студентів ВНЗ [1–22].

## Список літератури

1. Белов В.Б. (2020) Новые стратегии ЕС по обеспечению климатически нейтральной экономики. Европейский союз: факты и комментарии. Выпуск 101: июнь 2020 г. – август 2020 г. С. 5–9.
2. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138–144, dec. 2019. ISSN 2312-3222. doi:<http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144>
3. Бухало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПИ». С. 217.
4. 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 «ХПИ». – Х.: НТУ «ХПИ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
5. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: [Справ. изд.] / Д. Ю. Гамбург, В. П. Семенов, Н. Ф. Дубовкин, Л. Н. Смирнова. – М.: Химия, 1989. – 672 с.
6. Зипунников Н. Н. Зависимость полноты реакции получения водорода от основных параметров процесса. / Н. Н. Зипунников, Б. А. Трошенькин // Вестник НТУ «ХПИ». 2010. – № 4. – С. 28–32. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/18686>
7. Трошенькин В. Б. Состояние разработок по исследованию процесса и конструирования оборудования получения водорода из воды с использованием сплавов / В. Б. Трошенькин, Н. Н. Зипунников //

- Вестник НТУ «ХПИ». 2008. – № 12. – С. 51–55.  
<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/32789>
8. Ефективні рішення для виробництва екологічно-безпечних хімічних продуктів. Mahler\_Website\_RUS\_PDF; tkis-electrolysis-hydrogen-ru
  9. Козин Л. Ф., Волков С. В. Современная энергетика и экология: проблемы и перспективы. Киев: Наук. думка, 2006. 775 с.
  10. Зипунников Н. Н. Закономерности тепломассообмена при взаимодействии сплава на основе кремния с водой в водородных реакторах / Н. Н. Зипунников // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 2/7(38). – С. 52 - 55.
  11. Зипунников Н. Н. Тепломассообмен при взаимодействии сплава на основе кремния с водой. / Н. Н. Зипунников // Интегровані технології та енергозбереження. 2008. – № 4. – С. 11–16.  
<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/2427>
  12. Zipunnikov M.M. Researching the process of hydrogen generating from water with the use of the silicon basis alloys / M. Zipunnikov, S. Bukhhalo, A. Kotenko // French-Ukrainian Journal of Chemistry. - Toulouse: University Paul Sabatier, 2019. – Vol. 7, № 2. – P. 138-144.  
<https://doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144>
  13. Зипунников Н. Н. Термодинамика и кинетика вытеснения водорода из воды многокомпонентными сплавами / Н. Н. Зипунников, Б. А. Трошенькин // Интегровані технології та енергозбереження. – 2009. – № 4. – С. 35 - 42.  
<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/1893>
  14. Варшавский И. Л. Опыт эксплуатации реактора периодического действия для получения водорода из воды с помощью ферросилиция / И. Л. Варшавский, Б. А. Трошенькин, В. В. Редько // Проблемы машиностроения. – 1981. – № 11. – С. 106–111.
  15. Зайчиков П. Ф. Использование энергии экзотермической реакции при добычании водорода газогенератором АВГ-45 / П. Ф. Зайчиков // Труды Центральной аэрологической обсерватории. – 1962. – № 43. – С. 42 - 46.
  16. Сокольский Д. В. Новое в методике добычания водорода в генераторах баллонного типа / Д. В. Сокольский, В. Н. Суворов // Вестник АН Каз. ССР. – 1953. – № 7. – С. 68 - 75.
  17. Гиббс Дж. В. Термодинамика. Статистическая механика / Гиббс Дж. В. – М.: Наука, 1982. – 584 с.
  18. История учения о химическом процессе. Всеобщая история химии / [редактор Н. Г. Явкина]. – М.: Наука, 1981. – 448 с.
  19. Прикладная химическая термодинамика: Модели и расчеты / [Пер. с англ. под ред. Т. Барри]. – М.: Мир, 1988. – 282 с.
  20. Бухало 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.
  21. Бухало 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.
  22. Бухало С.І. Синергетичні моделі утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 41 (1263), С. 17–27.
- ### Bibliography (transliterated)
1. Belov V.B. (2020) Novye strategii ES po obespecheniju klimaticheski nejtral'noj jekonomiki. Evropejskij sojuz: fakty i kommentarii. Vypusk 101: ijun' 2020 g. – avgust 2020 g. С. 5–9.
  2. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138–144, dec. 2019. ISSN 2312-3222. doi:<http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144>
  3. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, 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 Є.І. – Kharkiv: NTU «KhPI». p. 217.
  4. 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». – Kh.: 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
  5. Vodorod. Svoystva, polucheniye, khraneniye, transportirovaniye, primeneniye: [Sprav. izd.] / D. YU. Gamburg, V. P. Semenov, N. F. Dubovkin, L. N. Smirnova. – M.: Khimiya, 1989. – 672 s.
  6. Zipunnikov N. N. Zavisimost' polnoty reaktsii polucheniya vodoroda ot osnovnykh parametrov protsessa. / N. N. Zipunnikov, B. A. Troshen'kin // Vestnik NTU „KHPI”. – 2010. – № 4. – S. 28 - 32.  
<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/18686>
  7. Troshen'kin V. B. Sostoyaniye razrabotok po issledovaniyu protsessa i konstruirovaniya oborudovaniya polucheniya vodoroda iz vody s ispol'zovaniem splavov / V. B. Troshen'kin, N. N. Zipunnikov // Vestnik NTU „KHPI”. – 2008. – № 12. – pp. 51–55. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/32789>
  8. Efektivni rishennja dlja virobництва ekologichno-bezpechnih himichnih produktiv. Mahler\_Website\_RUS\_PDF; tkis-electrolysis-hydrogen-ru
  9. Kozin L.F., Volkov S.V. Sovremennaja jenergetika i jekologija: problemy i perspektivy. Kiev: Nauk. dumka, 2006. 775 p.
  10. Zipunnikov N. N. Zakonomernosti teplomassoobmena pri vzaimodeystvii splava na osnove kremniya s vodoy v vodorodnykh reaktorakh / N. N. Zipunnikov // Vostochno-Yevropejskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy. 2009. – № 2/7(38). – pp. 52–55.
  11. Zipunnikov N. N. Teplomassoobmen pri vzaimodeystvii splava na osnove kremniya s vodoy. / N. N. Zipunnikov // Интегровані технології та yenergozberezhennya. 2008. № 4. pp. 11–16.  
<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/2427>
  12. Zipunnikov M.M. Researching the process of hydrogen generating from water with the use of the silicon basis alloys / M. Zipunnikov, S. Bukhhalo, A. Kotenko // French-Ukrainian Journal of Chemistry. Toulouse: University Paul Sabatier, 2019. – Vol. 7, № 2. – pp. 138-144.  
<https://doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144>
  13. Zipunnikov N. N. Termodinamika i kinetika vytesneniya vodoroda iz vody mnogokomponentnymi splavami / N. N. Zipunnikov, B. A. Troshen'kin // Интегровані технології та yenergozberezhennya. 2009. – № 4. – pp. 35–42.  
<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/1893>

14. Varshavskiy I. L. Opyt ekspluatatsii reaktora periodicheskogo deystviya dlya polucheniya vodoroda iz vody s pomoshch'yu ferrosilitiya / I. L. Varshavskiy, B. A. Troshen'kin, V. V. Red'ko // Problemy mashinostroyeniya. – 1981. – № 11. – pp. 106–111.
15. Zaychikov P. F. Ispol'zovaniye energii ekzotermicheskoy reaktsii pri dobyvanii vodoroda gazogeneratorom AVG-45 / P. F. Zaychikov // Trudy Tsentral'noy aerologicheskoy observatorii. – 1962. – № 43. – pp. 42 - 46.
16. Sokol'skiy D.V. Novoye v metodike dobyvaniya vodoroda v generatorakh ballonnogo tipa/D.V. Sokol'skiy, V.N. Suvorov//Vestnik AN Kaz. SSR. 1953. – № 7. – pp. 68–75.
17. Gibbs Dzh. V. Termodinamika. Statisticheskaya mekhanika / Gibbs Dzh. V. – M.: Nauka, 1982. – 584 p.
18. Istoriya ucheniya o khimicheskoy protsesse. Vseobshchaya istoriya khimii / [redaktor N. G. Yavkina]. – M.: Nauka, 1981. – 448 p.
19. Prikladnaya khimicheskaya termodinamika: Modeli i raschety / [Per. s angl. pod red. T. Barri]. – M.: Mir, 1988. – 282 p.
20. Bukhhalo S.I. Deyaki konceptiyi stalogo rozvy'tku ukraiyiny` 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.
21. Bukhhalo S.I. Osnovni vlasty`vosti plivkovogo polimernogo pokry`t'ya 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.
22. 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.

*Надійшла (received) 19.11.2021*

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

***Зіпунніков Микола Миколайович (Zipunnikov Nikolay Nikolaevich, Zipunnikov Mykola Mykolayovych)***

– кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу водневої енергетики, ППМаш НАН України ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0579-2962>; e-mail: zipunnikov\_n@ukr.net

***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

***M. M. ZIPUNNIKOV, S. I. BUKHALO***

**RESEARCH OF GENERAL HYDROGEN TECHNOLOGY ACCORDING TO OPTIMAL PARAMETERS AS A COMPONENT OF COMPLEX DEVELOPMENT OF EFCE AND CFE-UA ASSOCIATIONS**

The analysis of the prospects for the development of hydrogen energy in the EU and Ukraine is carried out. The possibilities of implementing projects and technologies for the production of green hydrogen for industrial use are considered. The conditions for the implementation of the project for the creation of a research and development center for hydrogen and hydrogen fuel cell technology are presented. A review of publications devoted to the process of obtaining hydrogen from water has been completed. The main factors influencing the course of reactions in the production of hydrogen from water using alloys are considered. Recommended alloys for producing hydrogen at autonomous facilities. The components of the research algorithm are given taking into account the system of process factors based on the analysis of literature data on the technology of hydrogen production by the electrolysis of water. The general principles of calculating gas generators have been established, which should be based on the basic principles of the thermodynamics of heterogeneous processes: classical thermodynamics of multiphase and heterogeneous systems.

**Keywords:** hydrogen, hydrogen energy, autonomous objects, water electrolysis, gas generator, fuel cells, chemical potential.

***Н.Н. ЗИПУННИКОВ, С. И. БУХКАЛО***

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОРОДА ПО ОПТИМАЛЬНЫМ ПАРАМЕТРАМ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ КОМПЛЕКСНОГО РАЗВИТИЯ АСОЦИАЦИЙ EFCE и CFE-UA**

Проведен анализ перспектив развития водородной энергетики на территории ЕС и Украины. Рассмотрены возможности реализации проектов и технологий производства зеленого водорода для промышленного использования. Представлены условия реализации проекта по созданию научно-исследовательского комплексного центра технологии водорода и водородных топливных элементов. Выполнен обзор публикаций, посвященных процессу получения водорода из воды. Рассмотрены основные факторы, влияющие на течение реакций при получении водорода из воды с использованием сплавов. Рекомендуемые сплавы для получения водорода на автономных объектах. Приведены составляющие алгоритма исследования с учетом системы факторов процесса на основании анализа литературных данных по технологии производства водорода методом электролиза воды. Установлены общие принципы расчета газогенераторов, которые должны основываться на основных положениях термодинамики гетерогенных процессов: классическая термодинамика многофазных и гетерогенных систем.

**Ключевые слова:** водород, водородная энергетика, автономные объекты, электролиз воды, газогенератор, топливные элементы, химический потенциал.

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

## **ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ТА АНАЛІЗУ ПАДІННЯ ВИДОБУТКУ ТА РОБОТИ СВЕРДЛОВИНИ**

Проаналізовано важливість вибору способів експлуатації свердловин. У статті розглянуто метод кривої падіння Арпса як ефективний метод, що дозволяє надійно та ефективно прогнозувати дебіт свердловини, необхідний параметр для оптимального та правильного вибору роботи свердловини. Прогноз дебіту свердловин на родовищах із запасами високов'язкої нафти є однією з найскладніших задач при розробці нафтових родовищ. Доведено, що використання методу Арпса спрощує це завдання, оскільки швидко і легко дає правильні результати. Доведено, що аналіз зниження видобутку є засобом виявлення проблем продуктивності у свердловинах, щоб оцінити їхню майбутню продуктивність та очікуваний термін служби. Досліджено використання Платформи Harmony Enterprise, що призначена для аналізу продуктивності нафтових і газових свердловин та оцінки запасів, з метою створення загальних корпоративних робочих процесів, використання технічних знань та обміну інтерпретаціями, що дає можливість визначити перспективні активи, оцінку і стратегію розвитку. Результати даної роботи є дуже важливими та необхідними для подальшого дослідження та аналізу падіння видобутку та аналіз роботи свердловини.

**Ключові слова:** видобуток, продуктивність, нафтогазова інженерія, технології

### **Вступ.**

Вибір способів експлуатації свердловин становить одне з найважливіших завдань комплексного проектування розробки нафтових родовищ, що тісно взаємопов'язані з іншими елементами проекту і що суттєво впливає на них і показники видобутку нафти. При виборі способу видобутку нафти як основні показники розглядаються технічні, технологічні, експлуатаційні, екологічні та соціальні. Одним із найважливіших показників при виборі є запланований дебіт протягом «життя» свердловини.

Прогнозування дебіту свердловин на родовищах з важко вилученими запасами, що характеризуються нелінійною фільтрацією, є одним із найскладніших завдань при розробці нафтових родовищ. Нелінійна фільтрація характерна для випадків високов'язкої нафти, а також в умовах одночасної фільтрації нафти та газу. Насправді досить часто дані родовища розробляються системою горизонтальних свердловин, тому використання формул лінійної фільтрації для розрахунку дебіту свердловин призводить до значних помилок у розрахунках.

Однак, з огляду на історичні дані про видобуток, прогнозується дебіт свердловин за допомогою методу кривої падіння Арпса. Метод кривої падіння Арпса. Метод кривих падіння видобутку за Арпсом є швидкий, зручний і емпіричний метод, що застосовується при можливій відсутності параметрів пласта і без безпосереднього визначення коефіцієнта вилучення вуглеводнів. При застосуванні даного методу потрібна апроксимація фактичних кривих динаміки видобутку типовими кривими для прогнозування майбутніх показників видобутку нафти та газу, тому він може бути використаний для будь-якого типу резервуару. Зниження в свердловині визначається зниженням їх продуктивних характеристик, які зрештою досягають критичної межі умов, які знижують їхню прибутковість.

**Аналіз стану питання.** Аналіз зниження видобутку є засобом виявлення проблем

продуктивності у свердловинах, щоб оцінити їхню майбутню продуктивність та очікуваний термін служби. Поведінка продуктивності при зниженні осаду дозволяє визначити:

а) перепад тиску в гирлі свердловини, необхідний підтримки постійної витрати;

б) відхилення потоку за постійної умови тиску.

**Аналіз основних досягнень і літератури**  
Спочатку аналіз за допомогою кривих падіння було отримано з емпіричних спостережень за поведінкою видобутку в газових та нафтових свердловинах. Три основні моделі, що історично використовувалися в аналізі:

а) постійного відсотка падіння;

б) гіперболічного падіння;

в) гармонійного падіння.

Метод кривих падіння, який є надійним при застосуванні у зрілих свердловинах, тобто з достатньою історією видобутку і де тимчасові ефекти були подолані. Дані можуть бути отримані без особливого ризику невизначеності, на відміну від детермінованих, статистичних, матеріальних балансів та методів чисельного моделювання.

### **Постановка проблеми.**

Для геолога аналіз падіння видобутку в аналогічному продуктивному басейні забезпечує основу для прогнозування видобутку та кінцевого вилучення з розвідувальної ділянки або ділянки поетапного буріння. Продуктивність свердловини знижується в міру її видобутку, в основному через деяку комбінацію зниження тиску, витіснення іншого текучого середовища (наприклад, газу та/або води) та змін відносної проникності для текучого середовища.

### **Методи дослідження.**

Порівняльний метод застосований для з'ясування стану розробленості проблеми, визначення сутності базових понять дослідження, узагальнення й осмислення основних положень наукового обґрунтування розвитку проблеми.



### Виклад основного матеріалу.

Графіки залежності продуктивності від історії видобутку (час або сукупний видобуток) показують зниження темпів видобутку зі збільшенням сукупного видобутку

Криві падіння видобутку – це просте візуальне уявлення складного виробничого процесу, який можна швидко розвинути, особливо за допомогою сучасного програмного забезпечення та виробничих баз даних. Криві, які можна використовувати для прогнозування видобутку, включають:

- визначення продуктивності в залежності від часу;
- продуктивність порівняно з накопиченим видобутком;
- відсоток обводненості порівняно з накопиченим видобутком;
- рівень води в порівнянні з накопиченим видобутком;
- накопичений газ у порівнянні з накопиченим запасом нафти;
- тиск у порівнянні з накопиченим видобутком.

Криві спаду а) та б) є найбільш поширеними, тому що тенденція для свердловин, що видобувають із звичайних колекторів при первинному видобутку, буде «експоненційною» на інженерному жаргоні. Англійською це означає, що дані будуть пряmolінійним трендом, коли продуктивність за часом відкладається на графіку.

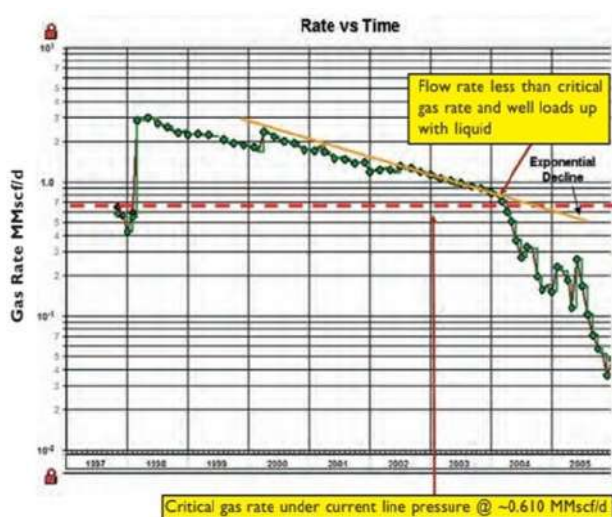


Рис. 1 – Газова свердловина з експоненційним «пряmolінійним» трендом (Reservoir Engineering for Geologists - Stanford)

Графік залежності дебіту від часу зазвичай використовується для діагностики роботи свердловини та колектора. На рис. 1 представлений приклад газової свердловини з експоненційним «пряmolінійним» трендом протягом більшої частини терміну експлуатації.

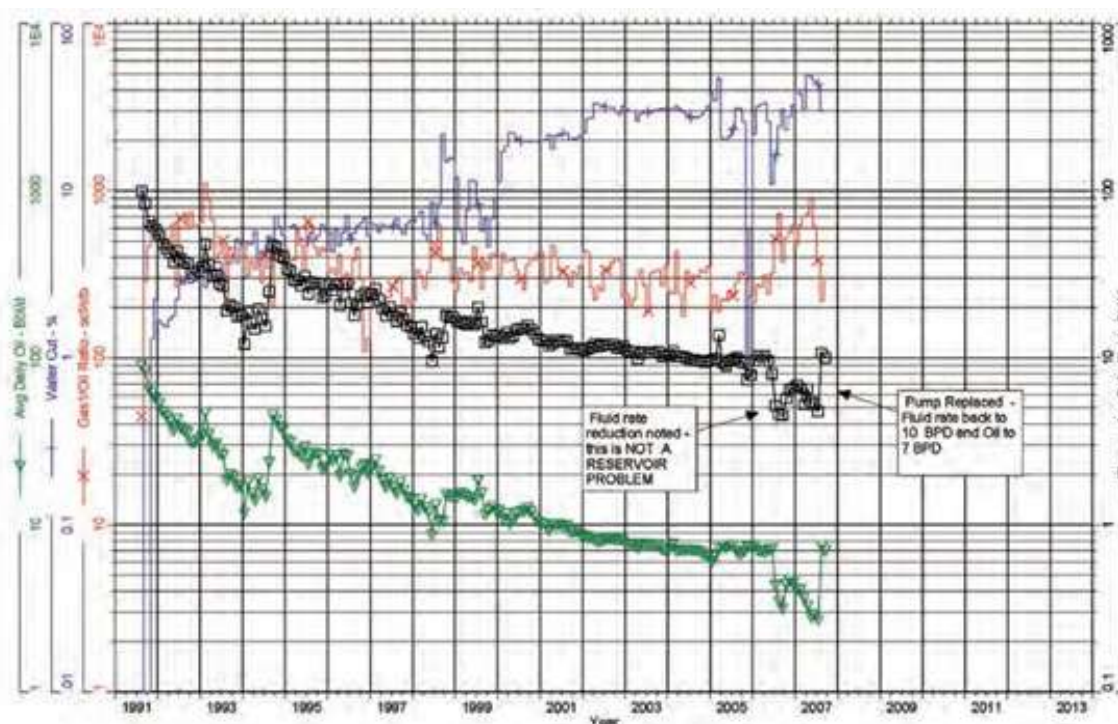


Рис. 2 – Приклад нафтової свердловини, в якій виникла проблема з насосом (Reservoir Engineering for Geologists - Stanford)

На рис. 2 показаний приклад нафтової свердловини, що перекачує, в якій виникла проблема з насосом.

Швидке зниження дебіту до рівня нижче експоненційного не може бути проблемою колектора і, отже, повинно бути пов'язане з відмовою

обладнання та/або проблемами поблизу стовбура свердловини, такими як закупорювання парафіну або відкладення твердих частинок перфораційних отворів.

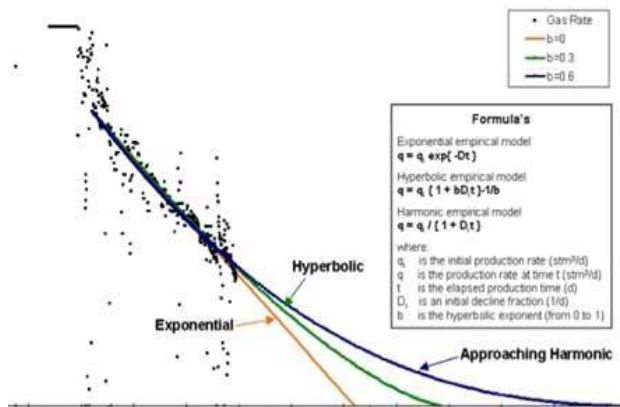


Рис. 3 – Різниця між експоненційним, гіперболічним і гармонічним спадом (Reservoir Engineering for Geologists - Stanford)

На рис. 3 також показані основні проблеми аналізу падіння – розкид даних і тип екстраполяції, який підходить для свердловини, що розглядається. Розкид даних – неминучий наслідок роботи з реальними даними.

На рис. 4 представлений приклад видобутку з «щільного» газового колектора (рис. 1–4 <http://large.stanford.edu/courses/2013/ph240/zaydullin2/docs/fekete.pdf>).

Ці пласти стають все більш важливими для галузі, але вони зазвичай мають проникність нижче 0,1 мільярда і, як правило, не є продуктивними без будь-якої форми механічної стимуляції тріщин.

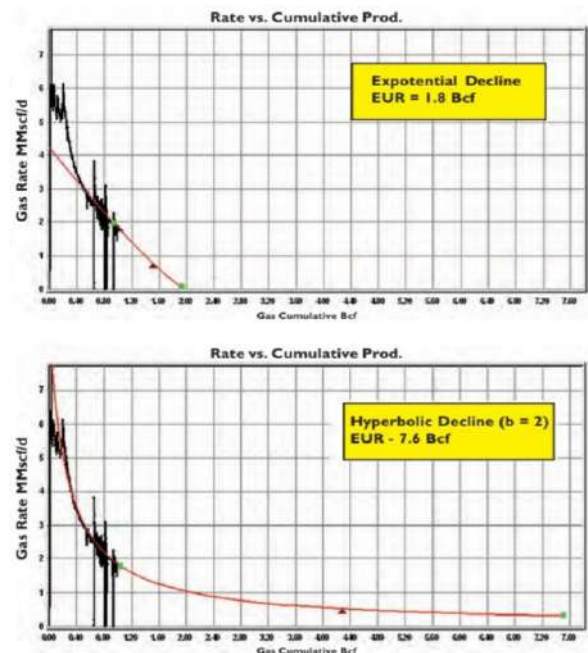


Рис. 4 – Приклад видобутку з «щільного» газового колектора (Reservoir Engineering for Geologists - Stanford)

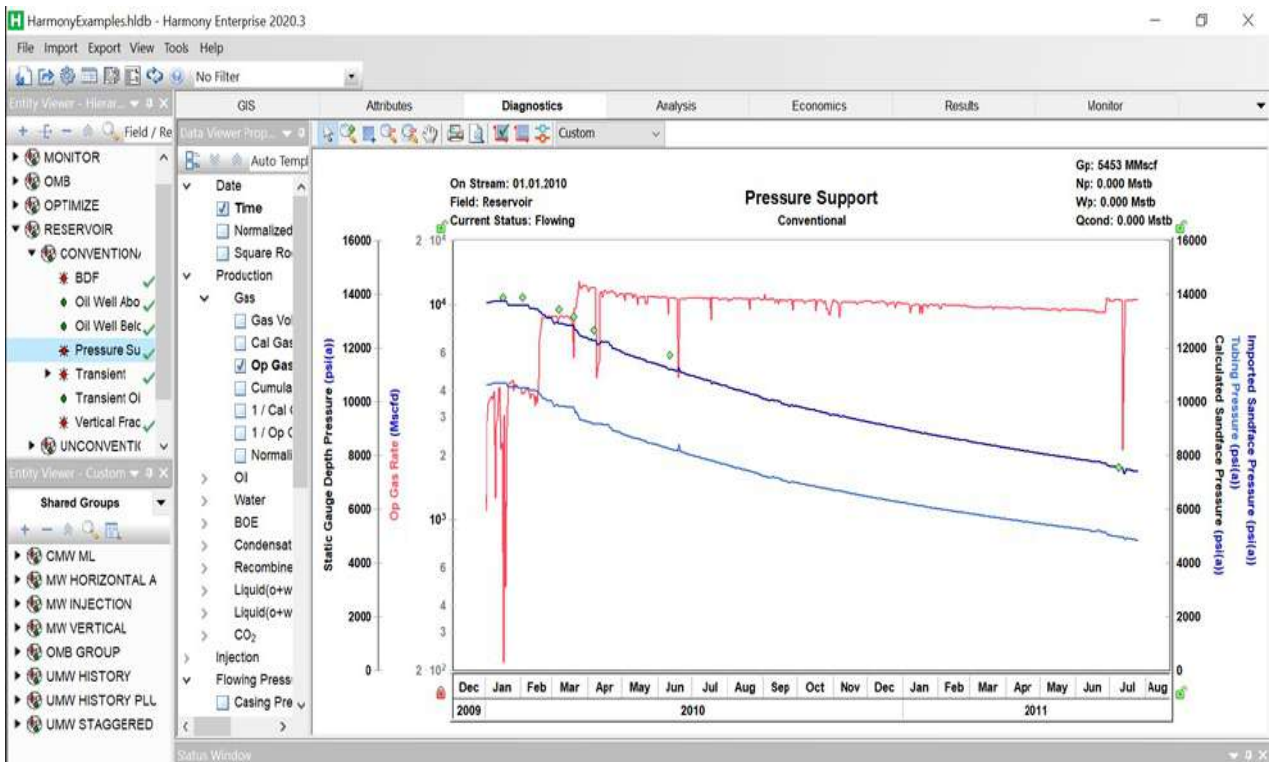


Рис. 5 – Приклад прогнозування запасів Harmony Enterprise



Платформа Harmony Enterprise призначена для аналізу продуктивності нафтових і газових свердловин та оцінки запасів, з метою створення загальних корпоративних робочих процесів, використання технічних знань та обміну інтерпретаціями, що дає можливість визначити перспективні активи, оцінку і стратегію розвитку.

Прогнозування запасів, фізичний аналіз

колектора, аналіз перехідних процесів та моделювання Harmony Enterprise – управління резервуаром та прогнозування видобутку в сучасних умовах. Інженери стикаються з постійно зростаючою кількістю свердловин, які необхідно оцінити, і часто їм необхідно співпрацювати з іншими, щоб отримати впевнену остаточну інтерпретацію характеристик свердловини (рис. 6 та рис. 7).

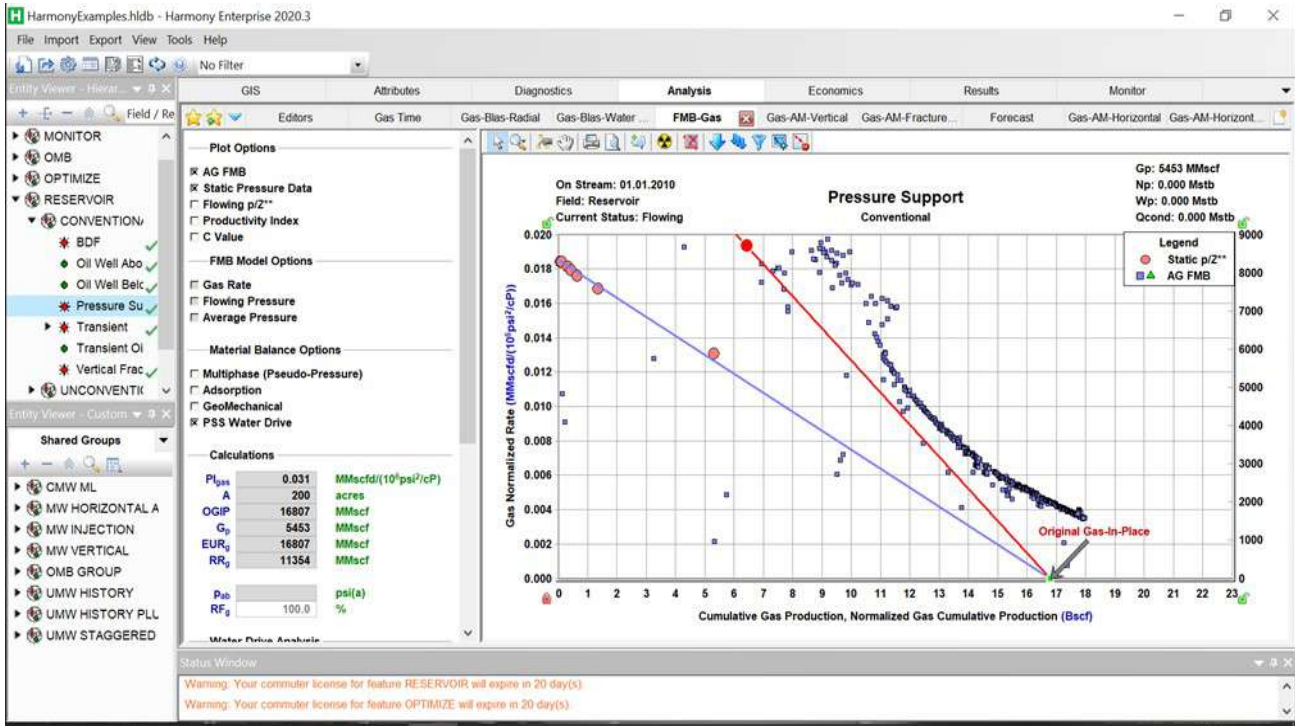


Рис. 6 – Фізичний аналіз колектора Harmony Enterprise.

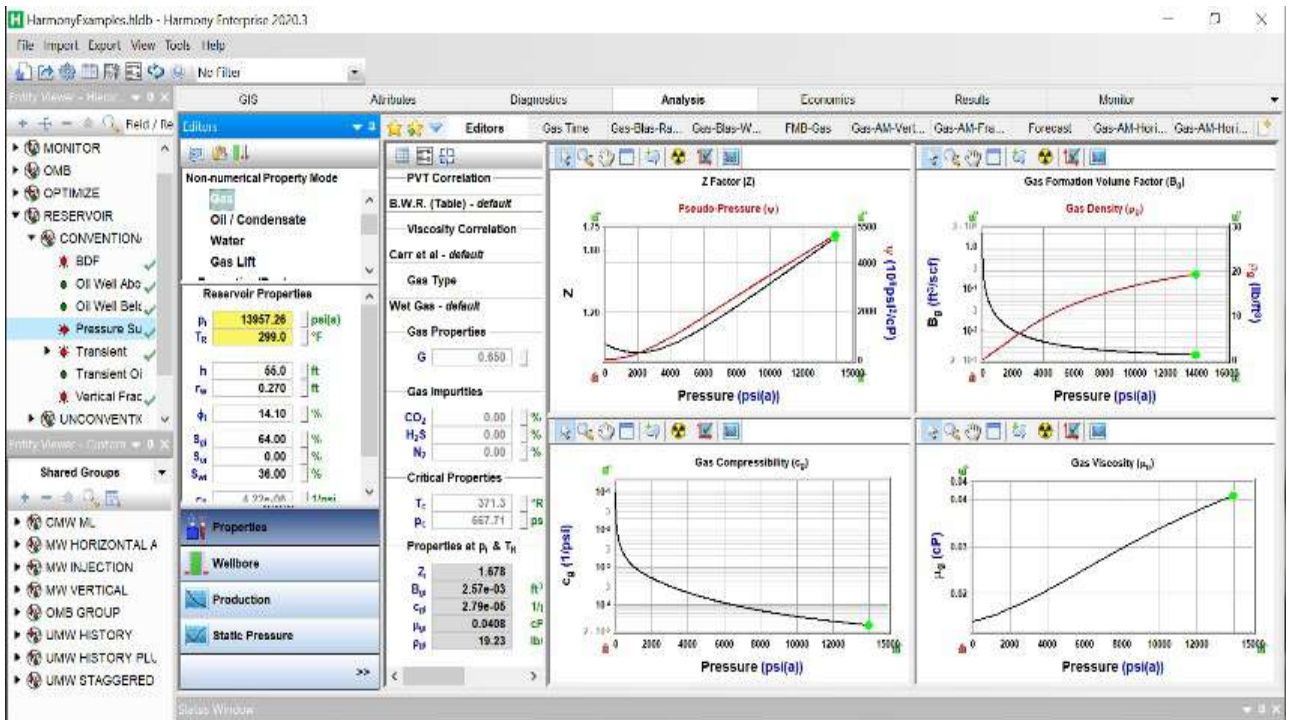


Рис. 7 – Аналіз перехідних процесів та моделювання Harmony Enterprise

Треба відзначити, що в Україні існують багато розвіданих великих родовищ, такі як Мачуське, Загорянське, Сагайдацьке, Семиренківське, Яблунівське, основні поклади вуглеводнів яких пов'язані зі значними глибинами, а продуктивні пласти представлені колекторами різного літологічного складу. Відомо, що слабкими темпами відроджується буріння розвідувальних свердловин при зростаючій ролі видобутку вуглеводневої сировини в сучасних кризових умовах. До того ж, основна частина родовищ перейшла в остаточну стадію розробки, що характеризується перерозподілом тисків в продуктивних пластах, реструктуризацією залишкових запасів, збільшенням частки важко видобувних запасів нафти, що вимагає нових підходів до їх вилучення.

Harmony пропонує сучасний підхід до оцінки запасів, який є більш надійним для використання нетрадиційних ресурсів. Цей підхід включає аналіз перехідних процесів швидкості (RTA) і розширене моделювання для кращого фундаментального розуміння фізичних впливів на довгострокову продуктивність, забезпечуючи тим самим більш надійні прогнози.

RESERVOIR: пакет для аналізу пласта на основі фізики, заснований на аналізі перехідних процесів (RTA) та чисельному моделюванні.

Режим течії досліджується за допомогою графіка з квадратним коренем. Спостереження прямої лінії припускає перехідний лінійний потік з відходом від цієї лінії, що вказує на перехід у режим потоку або потік з домінуванням на межі. Для свердловин з перехідним потоком баланс потоку використовується для визначення «мінімального» об'єму вуглеводнів на місці (тобто об'єм, що контактує на сьогодні). Можна також розглянути додаткові моделі з описом альтернативних колекторів, щоб фіксувати невизначеність межі тріщини і геометрії колектора, щоб закріпити можливі результати в прогнозі видобутку.

Використання Harmony дозволяє наближати значення устьового тиску до вибірного тиску потоку, враховуючи потужність  $h$  резервуара і діаметр  $D$ .

Аналіз поточного матеріального балансу (FMB) – це практичний метод, призначений для оцінки запасів вуглеводнів з дебіту та тиску. Він використовує самі принципи, як і класичний аналіз матеріального балансу, але не вимагає даних про закриття свердловини.

Цей метод аналізу може бути застосований до всіх колекторів. Він розроблений для свердловин, які досягли потоку з переважанням межі, але також може використовуватися для визначення мінімального вихідного об'єму газу, конденсату, нафти у пласті (OGIP/OOIP) у перехідних випадках.

Планується проведення подальшого експерименту в лабораторіях коледжу нафти і газу, університету і НТП Бурова техніка з метою розробки математичної моделі загальної технології.

Подальший експеримент визначений з моделювання ієрархії процесів кислотної обробки. У лабораторіях планується проведення комплексу фізико-хімічних і фільтраційних досліджень полімерного бурового розчину, що застосовується в ускладнених гірничо-геологічних умовах.

Порядок проведення експерименту та його класифікація-ідентифікація може бути представлена за ієрархією процедури проведення експериментального дослідження – вона складається з наступних етапів:

1. Визначення складових та ієрархії процесів закачки дистильованої води та виявлення впливу на стабілізацію тиску на вході у зразок;

2. Визначення складових та ієрархії процесів закачки першої партії кислотних складів (КС) з досліджуваними рецептурами і інгібіторами на різній продуктивності насосної установки;

3. Визначення ієрархії процесів закачування емульсії, що дозволяє класифікувати-ідентифікувати параметри створення ефекту хімічного пекера і перенаправлення кислоти;

4. Визначення ієрархії процесів промивання труб системи, що дозволяє відпрацювання моделей з промивання вибою свердловини;

5. Експериментальне впровадження закачки основної партії КС з метою визначення раціональних умов процесів за досліджуваними складами і інгібіторами: наприклад, 15% розчин соляної кислоти з ПАР масової концентрації 0,5%, з метою обробки низькопроникного зразка системи технології;

6. Проведення заходів з очищення порового простору і труб системи після проведення обробки з метою визначення раціональних умов процесів технології (класифікація-ідентифікація технологічних процесів відпрацювання, промивка, освоєння, виклик припливу);

В результаті проведених експериментів можна отримати:

1. Розробку та обґрунтування моделей та технології визначення ефективності різних сумішей кислот і ПАР для визначення оптимального складу основної активної пачки КС.

2. Розробку та обґрунтування моделей та технології визначення ряду складів по їх ефективності впливу на кольматаційну зону в залежності від технології проведення операції.

3. Визначитися з технологією проведення дослідно-промислового випробування запропонованих процесів та операцій моделей та технології.

#### **Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розробок у даному напрямку.**

У статті розглядається метод кривої падіння Арпса як ефективний метод, що дозволяє надійне та оперативне прогнозування дебіту свердловини, необхідний параметр при оптимальному та правильному виборі способу експлуатації свердловин.

Прогнозування дебіту свердловин на родовищах з складами запасів з високов'язкою нафтою є одним з найскладніших завдань при розробці нафтових родовищ. Однак використання методу Арпса спрощує це завдання, оскільки дає правильні результати досить швидко і легко.

### 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 процесі буріння та експлуатації методом кислотних обробок. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – № 6 (1360). – С. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
- Агейчева О.О., Зезекало І.Г., Бухкало С.І. Загальні системи аналізу віддачі пластів свердловин. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 103.
- Зезекало І.Г., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Деякі задачі з підвищення віддачі пластів свердловини. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 149.
- 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 «ХПІ». 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» (MicroCAD-2018) 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 «ХПІ». – Харків: 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
- Зезекало І.Г., Бухкало С.І., Іваницька І.О., Агейчева О.О. Аналіз підвищення якості кислотних обробок за рахунок використання нових робочих агентів. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2021. – № 6 (1360). – С. 18–23. doi: 10.20998/2220-4784.2021.01.04

### Bibliography (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.
- 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.
- Zezekalo I.G., Ivani'ka I.O., Agejcheva O.O. Osnovni principi vidnovlennja produktivnosti sverдловin zakol'matovanih u procesah burinnja ta ekspluatacii metodom kislotnih obrobok. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 6 (1360). – pp. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
- Agejcheva O.O., Zezekalo I.G., Bukhhalo S.I. Zagal'ni sistemi analizu viddachi plastiv sverдловin. XXIX 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. 103.
- Zezekalo I.G., Bukhhalo S.I., Agejcheva O.O. Dejaki zadachi z pidvishhennja viddachi plastiv sverдловini. XXIX 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.
- Svitlana Bukhhalo. The systems and models for complex polymer solid waste. XXIX 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.
- Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XHV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. H.: Ch. II, p. 201.
- Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019

realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2019. № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14

12. Zezekalo I.G., Bukhhalo S.I., Ivanič'ka I.O., Agejčeva O.O. Analiz pidvišhennja jakosti kislotnih obrobok za rahunok

vikoristannja novih robochih agentiv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2021. – № 6 (1360). – pp. 18–23. doi: 10.20998/2220-4784.2021.01.04

Надійшла (received) 19.11.2021

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

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

e-mail: 2012nadra@gmail.com

**Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, 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

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

e-mail: irina.ivanytska@gmail.com

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

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

e-mail: ageicheva@ukr.net

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

**PRODUCTION REDUCTION ANALYSIS AND WELL OPERATION ANALYSIS**

The method of Arps fall curve as an effective method that allows reliable and efficient prediction of well flow, a necessary parameter for optimal and correct choice of well operation is considered in the article. Forecasting the flow rate of wells in fields with high-viscosity oil stocks is one of the most difficult tasks in the development of oil fields. It is proved that the use of the Arps method 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 the analysis of reduced production is a means of identifying productivity problems in wells to assess their future productivity and expected service life. The use of the Harmony Enterprise platform is designed to analyze the performance of oil and gas wells and inventory assessment, to create common corporate work processes, use technical knowledge and exchange interpretations, which allows you to identify promising assets, evaluation and development strategy. The results of this work are very important and necessary for further research and analysis of the fall in production and analysis of the well.

**Key words:** production, productivity, oil and gas engineering, technologies

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

**АНАЛИЗ ПАДЕНИЯ ДОБЫЧИ И АНАЛИЗ РАБОТЫ СКВАЖИНЫ**

Проанализирована важность выбора способов эксплуатации скважин. В статье рассматривается метод кривой спада Арпса как эффективный метод, позволяющий надежно и эффективно прогнозировать дебит скважины, необходимый параметр для оптимального и правильного выбора режима работы скважины. Прогнозирование дебита скважин на месторождениях с запасами высоковязкой нефти - одна из самых сложных задач при разработке нефтяных месторождений. Доказано, что использование метода Арпса упрощает эту задачу, так как быстро и легко дает правильные результаты. Доказано, что анализ снижения добычи является средством выявления проблем производительности в скважинах, чтобы оценить будущую производительность и ожидаемый срок службы. Исследовано использование Платформа Harmony Enterprise предназначена для анализа производительности нефтяных и газовых скважин и оценки запасов с целью создания общих корпоративных рабочих процессов, использования технических знаний и обмена интерпретациями, что позволяет определить перспективные активы, оценку и стратегию развития. Результаты данной работы очень важны и необходимы для дальнейшего исследования и анализа падения добычи и анализ работы скважины.

**Ключевые слова:** добыча, производительность, нефтегазовая инженерия, технологии



## ЗМІСТ

### ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

<i>Л. І. МОРОЗЮК, Є. В. КОСТЕНКО</i> АНАЛІЗ РОБОТИ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ В СИСТЕМІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ РЕКТИФІКАЦІЇ СУМІШІ ПРОПАН-БУТАН .....	3
<i>Г. В. ЛІСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, А. В. ЗАХАРОВ, М. С. МАЙСТАТ, В. В. ВОЛОЩУК, В. В. САРАЙ</i> ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РАДІОПОГЛИНАЮЧОЇ КЕРАМІКИ .....	9
<i>К. В. БІЛОГУБКІНА, О. Ю. ФЕДОРЕНКО, Р. В. КРИВОБОК, А. В. ЗАХАРОВ</i> РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРМУВАННЯ ОБТІЧНИКІВ МЕТОДОМ ШЛІКЕРНОГО ЛИТТЯ .....	15

### МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

<i>О. С. КРАВЧЕНКО</i> ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ШИФРУВАННЯ ТА ВБУДОВУВАННЯ ДАНИХ В РАСТРОВІ ЗОБРАЖЕННЯ, ЩО Є СТІЙКИМ ДО СТИСНЕННЯ JPEG .....	22
<i>О. П. ПРИЩЕНКО, Н. В. ЧЕРЕМСЬКА, Т. Т. ЧЕРНОГОР</i> ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ КОРЕЛЯЦІЙНОГО І РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ .....	29
<i>В. О. ОЛЬХОВСЬКА</i> ТЕХНОЛОГІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ В ПРИКЛАДАХ І ЗАДАЧАХ .....	37

### ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

<i>N.V. KONDRATIUK, A. M. SAVCHENKO, A. Yu. CHERNIAVSKA, K.I. SYTNYK</i> DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND THE POTENTIAL OF DRINKS WITH «ANTI-AGE» EFFECT .....	44
<i>Г. О. САБАДОШ</i> ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ФАХОВИХ НАВИЧОК У ЗАСТОСУВАННІ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МАЙБУТНІХ ТЕХНОЛОГІВ РЕСТОРАННОГО БІЗНЕСУ .....	54
<i>С. І. БУХКАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО, С. П. ІГЛИН</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ РЕЦЕПТУРИ ШОКОЛАДНИХ ГЛАЗУРЕЙ НА ЇХ РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	56

### ІННОВАЦІЙНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

<i>S. I. BUKHALO, A. O. AGEICHEVA, Z. H. DERKUNSKA, N. PSHYCHKINA, A. VYROVSKA</i> STARTUP PROJECTS MACHINE TRANSLATION STRATEGY IN EXAMPLES AND PROBLEMS .....	63
<i>М. М. ЗІПУННІКОВ, С. І. БУХКАЛО</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДНЮ ЗА ОПТИМАЛЬНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЯК СКЛАДОВА КОМПЛЕКСНОГО РОЗВИТКУ АССОЦІАЦІЙ EFCE та CFE-UA .....	72
<i>І. Г. ЗЕЗЕКАЛО, С. І. БУХКАЛО, І. О. ІВАНИЦЬКА, О. О. АГЕЙЧЕВА</i> ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ТА АНАЛІЗУ ПАДІННЯ ВИДОБУТКУ ТА РОБОТИ СВЕРДЛОВИНИ .....	83

ЗМІСТ .....	89
	89

## CONTENT

<i>LARISA MOROZYUK, EVGENY KOSTENKO</i> ANALYSIS OF THE HEAT PUMP OPERATION IN THE LOW-TEMPERATURE RECTIFICATION SYSTEM OF PROPANE-BUTANE MIXTURE ....	3
<i>G. V. LISACHUK, R. V. KRYVOBOK, A. V. ZAKHAROV, V. V. VOLOSHCHUK, M. S. MAISTAT, V. V. SARAI</i> TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF RADIO ABSORPTION CERAMICS .....	9
<i>K. V. BILOHUBKINA, E. Yu. FEDORENKO, R. V. KRYVOBOK, A. B. ZAKHAROV</i> DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR THE FORMATION OF FASTS BY THE SLIDING CASTING METHOD .....	15

### MODELING AS A TOOL OF INNOVATION

<i>O. S. KRAVCHENKO</i> GENERAL TECHNOLOGY OF ENCRYPTION AND INTEGRATION OF DATA IN A PATTERN OF A PICTURE OF IMAGES THAT IS RESISTANT TO JPEG COMPRESSION .....	22
<i>O. P. PRISHCHENKO, N. V. CHEREMSKAYA, T. T. CHERNOGOR</i> CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODELS USING THE METHODS OF CORRELATION AND REGRESSION ANALYSIS ...	29
<i>V. O. OLKHOVSKA</i> TECHNOLOGY OF INFORMATION COMPUTER SYSTEMS IN EXAMPLES AND PROBLEMS .....	37

### ENERGY AND RESOURCE SAVING AS PROBLEMS AND TECHNOLOGIES OF INNOVATIONS

<i>N. V. KONDRATIUK, A. M. SAVCHENKO, A. Yu. CHERNIAVSKA, K. I. SYTNYK</i> DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND THE POTENTIAL OF DRINKS WITH «ANTI-AGE» EFFECT .....	44
<i>G. O. SABADOSH</i> DEFINITION OF METHODOLOGY FOR FORMATION OF PROFESSIONAL SKILLS IN THE APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN FUTURE RESTAURANT BUSINESS TECHNOLOGISTS .....	50
<i>S. I. BUKHKALO, MARIIA ZEMELKO, S. P. IGLIN</i> RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE COMPONENTS OF CHOCOLATE GLAZES ON THEIR RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS .....	56

### INNOVATIVE SCIENTIFIC RESEARCH DIFFERENT PURPOSES

<i>S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, Z. H. DERKUNSKA, N. PSHYCHKINA, A. VYPOVSKA</i> STARTUP PROJECTS MACHINE TRANSLATION STRATEGY IN EXAMPLES AND PROBLEMS ..	63
<i>M. M. ZIPUNNIKOV, S. I. BUKHKALO</i> RESEARCH OF GENERAL HYDROGEN TECHNOLOGY ACCORDING TO OPTIMAL PARAMETERS AS A COMPONENT OF COMPLEX DEVELOPMENT OF EFCE AND CFE-UA ASSOCIATIONS .....	72
<i>I. H. ZEZEKALO, S. I. BUKHKALO, I. O. IVANYTSKA, O. O. AHEICHEVA</i> PRODUCTION REDUCTION ANALYSIS AND WELL OPERATION ANALYSIS .....	83
CONTENT .....	90



*НАУКОВЕ ВИДАННЯ*

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХП»  
СЕРІЯ: ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У НАУКОВИХ РОБОТАХ  
СТУДЕНТІВ**

*Збірник наукових праць*

*№ 2'2021*

Головний редактор: канд. техн. наук, чл-кор. НАН вищої освіти України, проф. С.І. Бухкало

Технічний редактор: доц. Н.М. Мірошніченко

Відповідальний за випуск канд. техн. наук, доц. Н.М. Мірошніченко

**АДРЕСА 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](mailto:bis.khr@gmail.com)

Підп. до друку 26.11.21 р. Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.  
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,0. Облік.-вид. арк. 8,75  
Тираж 100 пр. Зам. № 25. Ціна договірна.

---

Друкарня «ФОП Пісня О. В.». Свідоцтво про державну реєстрацію  
суб'єкта видавничої справи ВО2 № 248750 від 13.09.2017 р.  
61002, Харків, вул. Гіршмана, 16а, кв. 21, тел. 0932430788

---