

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**

№ 2'2022

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

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

No. 2'2022

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

Харків  
НТУ «ХПІ», 2022

Kharkiv  
NTU "KhPI", 2022

**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», 2022. — № 2 (1364) 2022. — 100 с. — ISSN 2220-4784 (print), ISSN 2663-8738 (online).

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

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

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

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

Мова статей – українська, російська, англійська.

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України КВ № 5256

від 2 липня 2001 року.

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

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

#### **Редакційна колегія серії**

*Головний редактор:*

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

*Відповідальний секретар:*

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

*Члени редколегії:*

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

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

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

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

України, с.н.с. відділу водневої енергетики

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

**Й. Клемеш**, проф., Керівник лабораторії

інтеграції сталого процесу, Вища технічна

техніка у Брно, Чеська Республіка

**П. Варбанов**, РНД, доц., с.н.с., Лабораторія

інтеграції сталого процесу, Технологічний

університет Брно, Чеська Республіка

**П. Стехлик**, РНД, проф., технологічний

університет, Брно, Чеська республіка

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

устойчивого развития, Марибор, Словения

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

лабораторія Heriberto Cabezas, Будапешт, Венгрия

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

Политехнический университет Каталонии, кафедра

химического машиностроения, Барселона, Испания

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

технологии, Университет Любляны, Любляна, Словения

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

Ноттингемский университет, кампус Малайзии, кафедра

химической и экологической инженерии, Малайзия

**Консультативна рада**

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

НТУ «ХПІ», Україна

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

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

України «Енергетика та ресурсозбереження»

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

нетрадиційних енерготехнологій, Інститут

проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного

НАН України

#### **Editorial staff**

*Editor-in-chief:*

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

*Executive secretary:*

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

*Editorial staff members:*

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

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

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

**Zipunnikov M.M.**, A.M. Pidhorny Institute of Mechanical

Engineering Problems of NASU

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

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

Integration Laboratory, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta

strojního inženýrství, Brno, Czech Republic

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

Sustainable Process Integration Laboratory, Brno University of

Technology, Brno, Czech Republic

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

Institute of Process and Environmental Engineering at the Faculty of

Mechanical Engineering, University of Technology, Brno, Czech

Republic

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

Chemical Engineering, Laboratory for Process Systems Engineering

and Sustainable Development, Maribor, Slovenia

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

University, Heriberto Cabezas's Lab, Budapest, Hungary

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

Department of Chemical Engineering, Barcelona, Spain

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

Technology, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

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

Nottingham, Malaysia Campus, Dept. of Chemical and

Environmental Engineering, Malaysia

**Advisory Board**

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

Sciences of Ukraine, NTU "KhPI", Ukraine

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

University of Urban Economy, vice-president of National

Academy of Sciences of higher education of Ukraine

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

energy technologies Podgorny Institute for Mechanical Engine-

ering's Problems of National Academy of Sciences of Ukraine

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 9 від 25 листопада 2022 р.

Г. В. ЛІСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, В. В. ВОЛОЩУК

## ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОТРИМАННЯ ЦЕЛЬЗІАНОВОЇ ТА СЛАВСОНІТОВОЇ КЕРАМІКИ ЗА ОДНОСТАДІЙНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ

На основі системи  $RO-Al_2O_3-SiO_2$  отримують радіопрозорі керамічні матеріали кордієритового, цельзіанового та анортитового складу, які володіють низькими діелектричними характеристиками. Таким вимогам відповідає одна з основних фаз системи  $BaO-Al_2O_3-SiO_2$  – цельзіан ( $BaAl_2Si_2O_8$ ), температура плавлення якого складає  $1740\text{ }^\circ\text{C}$ , а початок активного утворення фази відбувається за температури обробки від  $1300\text{ }^\circ\text{C}$ , а також одна з основних фаз системи  $SrO-Al_2O_3-SiO_2$  – славсоніт ( $SrAl_2Si_2O_8$ ), який зазнає конгруентного плавлення за температури  $1765\text{ }^\circ\text{C}$ , а початок активного утворення фази відбувається за температури обробки від  $1400\text{ }^\circ\text{C}$ . Мета роботи – вивчення технологічних параметрів отримання цельзіанової та славсонітової кераміки за одностадійною технологією. Відповідно до субсолідусної будови трикомпонентної системи  $RO-Al_2O_3-SiO_2$  ( $RO = BaO, SrO$ ), синтез необхідних фаз доцільно проводити з чистої сировини та, враховуючи наявність домішок, що погіршують діелектричні характеристики, синтез необхідних кристалічних фаз проведено з технічної сировини. Фігуративні точки складів обраних сполук відповідають їх стехіометричному складу (для славсоніту, мас. %:  $SrO - 31,99; Al_2O_3 - 30,93; SiO_2 - 37,08$ ; для цельзіану, мас. %:  $BaO - 40,85; Al_2O_3 - 27,17; SiO_2 - 31,98$ ). Встановлено, що фізичні характеристики отриманих зразків, покращуються з підвищенням температури випалу на  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , однак далекі від бажаного рівня. Діелектричні характеристики отриманих матеріалів знаходяться в межах вимог, що висуваються до радіопрозорих матеріалів. Враховуючи досліджені фізичні властивості та отримані рентгенограми випалених зразків з метою отримання щільноспеченого матеріалу вирішено модельні композиції досліджувати з додаванням інтенсифікуючих добавок та вивчити їх вплив на властивості випалених зразків.

**Ключові слова:** радіопрозора кераміка, цельзіан, славсоніт, діелектрична проникність, тангенс кута діелектричних втрат, рентгенофазовий аналіз, інтенсифікуючі добавки.

**Вступ.** Найбільш перспективним напрямком створення радіопрозорі кераміки є використання високотермостійких неорганічних матеріалів таких як ситали, кварцова та високоглиноземиста кераміки. Ці матеріали мають досить малий тангенс кута втрат ( $\text{tg}\delta < 0,001$ ), низькі показники діелектричних властивостей ( $\epsilon < 10$ ) та високу стабільність показників властивостей при зміні робочих температур [1].

Керамічним способом можна отримувати склокристалічні матеріали із щільноспеченою та регульованою пористою структурою, а порошкова технологія в порівнянні з ситаловою забезпечує підвищену стабільність та відтворюваність фізико-хімічних властивостей матеріалів. Однак, не зважаючи на різноманіття наукових розробок, виготовлення матеріалів на основі алюмосилікатних систем є енерговитратним процесом (температура випалу переважно перевищує  $1300\text{ }^\circ\text{C}$  [2, 3]).

Таким чином, мета роботи – вивчення технологічних параметрів отримання цельзіанової та славсонітової кераміки за одностадійною технологією, є актуальною.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На основі системи  $RO-Al_2O_3-SiO_2$  отримують радіопрозорі керамічні матеріали кордієритового, цельзіанового та анортитового складу, які відповідно до вимог [4, 5] володіють низькими діелектричними характеристиками (діелектрична проникність  $< 6$ , тангенс кута діелектричних втрат  $< 10^{-3}$ ). Таким вимогам відповідає одна з основних фаз системи  $BaO-Al_2O_3-SiO_2$  – цельзіан ( $BaAl_2Si_2O_8$ ), температура плавлення якого складає  $1740\text{ }^\circ\text{C}$ , а початок активного утворення фази відбувається за температури обробки від  $1300\text{ }^\circ\text{C}$ , а також одна з основних фаз системи  $SrO-Al_2O_3-SiO_2$  – славсоніт

( $SrAl_2Si_2O_8$ ). За даними [6] славсоніт зазнає конгруентного плавлення за температури  $1765\text{ }^\circ\text{C}$ , а початок активного утворення фази відбувається за температури обробки від  $1400\text{ }^\circ\text{C}$ .

Вірогідність утворення цельзіану при використанні різних сировинних композицій, що містять каолін, глинозем, кварцовий пісок, карбонат барію та сульфат барію була розглянута в роботі [7]. Згідно результатів термодинамічних розрахунків встановлено, що синтез цельзіану на основі сульфату барію в комбінації з технічним глиноземом та кварцовим піском не є доцільним, оскільки відповідна реакція характеризується додатними значеннями енергії Гіббса. При взаємодії сульфату барію з каолінітом утворення цельзіану можливе, однак абсолютні значення енергії Гіббса відповідної реакції є значно меншими у порівнянні зі значеннями для реакції утворення цельзіану в комбінації карбонату барію та каолініту.

Термодинамічні дослідження ймовірності утворення славсоніту, результати яких детально були викладені в роботах [8], дали змогу описати процес синтезу фази та можливість визначення оптимальних температуро-часових режимів. З проведених розрахунків витікає, що оптимальним процесом отримання кристалічної фази славсоніту є інтенсифікація реакції взаємодії кварцу з карбонату стронцію, а також метасилікату стронцію, кварцу та глинозему. Однак дослідження з отримання славсонітової кераміки у розглянутих роботах завершуються на етапі синтезу кристалічної фази, тому розробка технології отримання керамічних виробів складної форми на основі славсоніту є актуальною задачею матеріалознавства.

© Лісачук Г.В., Кривобок Р.В., Волощук В.В., 2022

Зважаючи на проведенний огляд субсолідусної будови трикомпонентної системи  $RO-Al_2O_3-SiO_2$  ( $RO = BaO, SrO$ ), синтез необхідних фаз доцільно проводити з чистої сировини та, враховуючи наявність домішок що погіршують діелектричні характеристики (вміст  $Fe_2O_3 + TiO_2$  не більше 0,15 мас. % [9, 10]), синтез необхідних кристалічних фаз буде проведено з технічної сировини. За результатами експериментів будуть порівняні експлуатаційні властивості зразків та рекомендовані шляхи створення радіопрозорого керамічного матеріалу.

#### Експериментальна частина.

Для проведення первинного експерименту з визначення робочих характеристик керамічних матеріалів в системі  $RO-Al_2O_3-SiO_2$  ( $RO = BaO, SrO$ ) обрано дві основні кристалічні фази славсоніт та цельзіан, які за рівнем електродинамічних характеристик відповідають вимогам до РПМ. На їх основі були створені експериментальні славсонітовий (RTC-S) та цельзіановий (RTC-C) склади. Результати розрахунків шихтового та хімічного складу модельних композицій наведено у табл. 1 та 2.

Таблиця 1 – Шихтовий склад модельних мас

Сировинні матеріали	Шифр модельної композиції	
	RTC-S	RTC-C
Кварц молотий	32,39	28,66
Глинозем марки Г-00	27,67	24,52
Карбонат стронцію	39,94	–
Карбонат барію	–	46,82

Фігуративні точки складів обраних сполук відповідають їх стехіометричному складу (для

славсоніту, мас. %:  $SrO - 31,99$ ;  $Al_2O_3 - 30,93$ ;  $SiO_2 - 37,08$ ; для цельзіану, мас. %:  $BaO - 40,85$ ;  $Al_2O_3 - 27,17$ ;  $SiO_2 - 31,98$ ).

Для отримання експериментальних зразків в лабораторних умовах сировинні матеріали подрібнювали сухим способом в кульових лабораторних млинах до повного проходження крізь сито № 0063. Потім сировинні суміші змішували шляхом трикратного пропускання крізь сито № 0315. Формування проводили напівсухим способом на лабораторному гідравлічному пресі ПРГ-10 під тиском 20 МПа. В якості тимчасової зв'язки використовувався водний розчин КМЦ.

Таблиця 2 – Хімічний склад модельних мас

Компоненти	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	BaO	SrO	в.п.п
RTC-S	32,19	27,44	0,03	0,01	0,07	–	27,75	12,51
RTC-C	28,48	24,32	0,02	0,01	0,06	36,38	–	10,73

Після сушки до залишкової вологості менше 1 % зразки випалювали в лабораторній муфельній печі за температур 1350 та 1450 °C з витримкою протягом 1 години та охолоджували разом із піччю. Отримані зразки піддавали механічній обробці для визначення фізичних та діелектричних властивостей цельзіанової та славсонітової керамік. Узагальнені результати досліджень властивостей лабораторних зразків представлені в табл. 3.

З отриманих результатів бачимо, що фізичні характеристики зразків, отриманих за даних технологічних параметрів, покращуються з підвищенням температури випалу на 100 °C, однак далекі від бажаного рівня.

Таблиця 3 – Властивості дослідних керамічних зразків

Назва властивостей	Температура випалу дослідних зразків, °C			
	1350		1450	
	RTC-S	RTC-C	RTC-S	RTC-C
Водопоглинання $W, \%$	26,3	25,4	21,1	22,6
Загальна усадка $L, \%$	0,8	1,4	3,9	1,7
Пористість відкрита $P_{відкр}, \%$	41,4	38,1	33,4	32,5
Уявна щільність $\rho_{уяв}, \text{кг/м}^3$	1720	1590	1980	1640
Діелектрична проникність $\epsilon$	9,6	7,1	9,8	8,4
Тангенс кута діелектричних втрат	0,011	0,009	0,017	0,014

Діелектричні характеристики отриманих матеріалів знаходяться в межах вимог, що висуваються до РПМ.

На рис. 1 – 4 представлені штрих-рентгенограми та перелік кристалічних фаз зразків кераміки славсонітового та цельзіанового складів, випалених за температур 1350 °C та 1450 °C з витримкою за максимальної температури протягом 1 години та подальшим охолодженням разом із піччю.

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

Враховуючи досліджені фізичні властивості та отримані рентгенограми випалених зразків з метою отримання щільноспеченого матеріалу вирішено модельні композиції досліджувати з додаванням інтенсифікуючих добавок та вивчити їх вплив на властивості випалених зразків.

Авторами робіт [11] було досліджено можливі шляхи утворення та умови низькотемпературного синтезу славсонітової фази. Досліджено вплив інтенсифікуючих добавок на формування славсоніту в умовах низько-температурного синтезу, а також

вплив однокомпонентних та багато-компонентних евтектичних добавок на інтенсифікацію процесів структуро- і фазоутворення славсонітової кераміки [12].

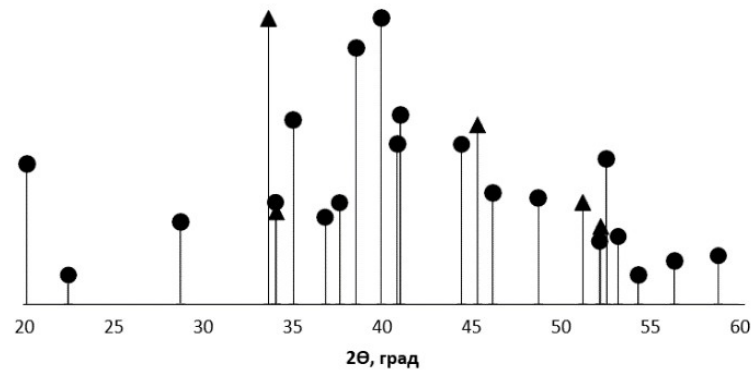


Рис. 1. Штрих-рентгенограма зразка RTC-C цельзіанової кераміки, випаленого за температури 1350 °С:

● –  $\alpha$ -BaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, ▲ –  $\beta$ -BaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>

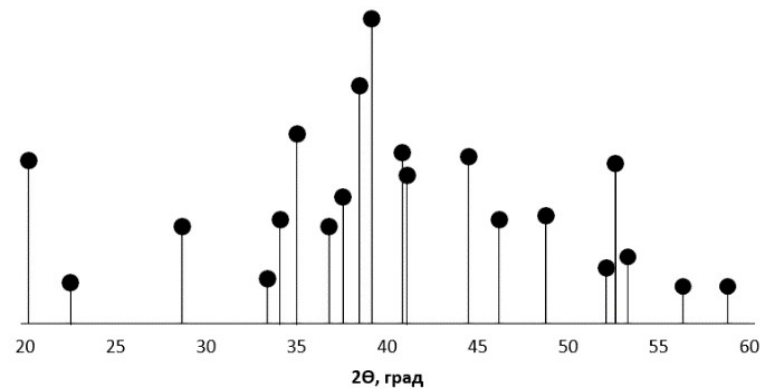


Рис. 2. Штрих-рентгенограма зразка RTC-C цельзіанової кераміки, випаленого за температури 1450 °С:

● –  $\alpha$ -BaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, ▲ –  $\beta$ -BaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>

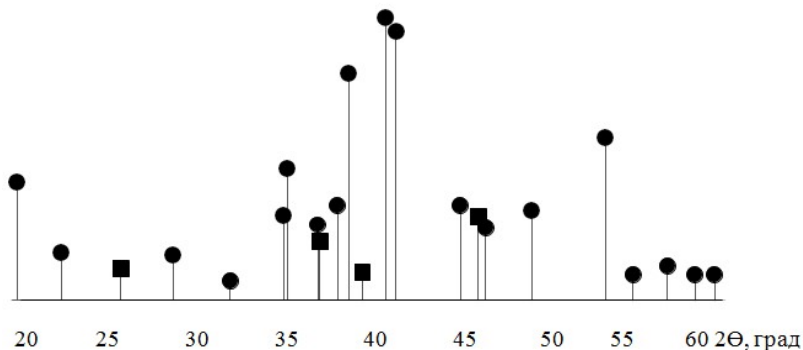


Рис. 3. Штрих-рентгенограма зразка RTC-S славсонітової кераміки, випаленого за температури 1350 °С:

● – славсоніт (SrAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>), ■ – метасилікат стронцію (SrSiO<sub>3</sub>)

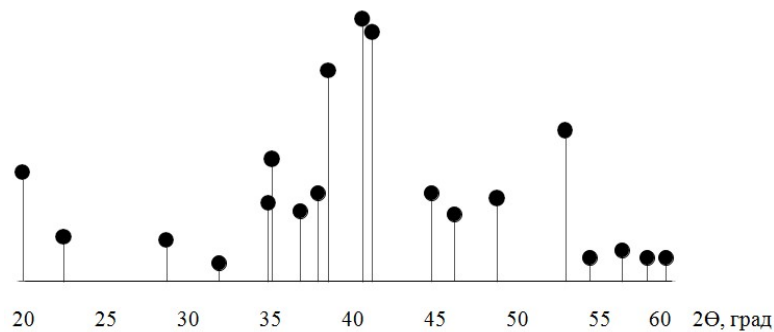


Рис. 4. Штрих-рентгенограма зразка RTC-S славсонітової кераміки, випаленого за температури 1450 °C:  
● – славсоніт ( $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), ■ – метасилікат стронцію ( $\text{SrSiO}_3$ )

Однак аналогічних комплексних досліджень методів інтенсифікації процесу утворення фази цельзіану не виявлено. Тому важливість обраного напрямку та самого подальшого дослідження полягає в забезпеченні низькотемпературного синтезу кристалічної фази цельзіану та отримання щільноспечених радіопрозорих керамічних матеріалів на його основі з використанням інтенсифікуючих добавок

#### Список літератури

- Гнесин Г. Г. Радиопрозрачные материалы. *Неорганическое материаловедение* : энциклопедическое издание в 2 т. / под редакцией Г. Г. Гнесина, В. В. Скорохода. Т. 2, кн. 2. Киев : Наукова думка, 2008. С. 204–210.
- Гуртовник И. Г., Соколов В. И., Трофимов Н. Н., Шалгунов С. И. Радиопрозрачные изделия из стеклопластиков. Москва : Мир, 2003. 363 с.
- Пивинский Ю. Е., Ромашин А. Г. Кварцевая керамика. – Москва : Металлургия, 1974. 264 с.
- Ferone C., Liguori B., Marocco A., Anaclerio S., Pansini M., Colella C. Monoclinic (Ba, Sr)-celtsian by thermal treatment of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A. *Microporous Mesoporous Materials*. 2010. Vol. 134 (1-3). P. 65–71.
- Marocco A., Liguori B., Dell'Agli G., Pansini M. Sintering behaviour of celtsian based ceramics obtained from the thermal conversion of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A. *Journal of the European Ceramic Society*. 2011. Vol. 31. P. 1965–1973.
- Ptáček P., Šoukal F., Opravil T., Bartoničková E., Wasserbauer J. The formation of feldspar strontian ( $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) via ceramic route: Reaction mechanism, kinetics and thermodynamics of the process. *Ceramics International*. 2016. Vol. 42, No 7. P. 8170–8178.
- Бобкова Н. М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Минск: БГТУ, 2005. 331 с.
- Lisachuk G. V., Kryvobok R. V., Zakharov A. V., Fedorenko E. Y., Prytkina M. S. Thermodynamic analysis of solid phase reactions in  $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  system. *Function Materials*. 2016. No 1 (23). P. 71–74.
- Fu Y.-P., Chang C.-C., Lin C.-H., Chin T.-S. Solid-state synthesis of ceramics in the  $\text{BaO} - \text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  system. *Ceramics International*. 2004. Vol. 30. P. 41–45.
- Sung Y.-M., Kim S. Sintering and crystallization of off-stoichiometric  $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{SiO}_2$  glasses. *Journal of Materials Science*. 2000. Vol. 35. P. 4293–4299.
- Lisachuk G. V., Kryvobok R. V., Zakharov A. V., Chefranov E. V., Lapuzina O. M., Voloshchuk V. V., Samoilenko N. N. Technological parameters of ceramics creation on the basis of slavsonit. *Éptőanyag - Journal of Silicate Based and Composite Materials*. 2019. Vol 71, No 2. P. 48–53.
- Lisachuk G., Kryvobok R., Zakharov A., Tsovmá V., Lapuzina O. Influence of complex activators of sintering on creating radiotransparent ceramics in  $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 1, No 6 (85). P. 10–15.

#### Bibliography (transliterated)

- Gnesin G. G. Radioproзрачные материалы. *Neorganicheskoe materialovedenie* : entsiklopedicheskoe izdanie v 2 t. / pod redaktsiyey G. G. Gnesina, V. V. Skorohoda. T. 2, kn. 2. Kiev : Naukova dumka, 2008, pp. 204–210.
- Gurtovnik I. G., Sokolov V. I., Trofimov N. N., Shalgunov S. I. Radioproзрачные izdeliya iz stekloplastikov. Moskva : Mir, 2003. 363 p.
- Pivinskiy Yu. E., Romashin A. G. Kvaritsevaya keramika. – Moskva : Metallurgiya, 1974. 264 p.
- Ferone C., Liguori B., Marocco A., Anaclerio S., Pansini M., Colella C. Monoclinic (Ba, Sr)-celtsian by thermal treatment of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A. *Microporous Mesoporous Materials*. 2010. Vol. 134 (1-3), pp. 65–71.
- Marocco A., Liguori B., Dell'Agli G., Pansini M. Sintering behaviour of celtsian based ceramics obtained from the thermal conversion of (Ba, Sr)-exchanged zeolite A. *Journal of the European Ceramic Society*. 2011. Vol. 31, pp. 1965–1973.
- Ptáček P., Šoukal F., Opravil T., Bartoničková E., Wasserbauer J. The formation of feldspar strontian ( $\text{SrAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) via ceramic route: Reaction mechanism, kinetics and thermodynamics of the process. *Ceramics International*. 2016. Vol. 42, No 7, pp. 8170–8178.
- Bobkova N. M. Fizicheskaya himiya tugoplavkih nemetallicheskih i silikatnyih materialov. Minsk: BGTU, 2005. 331 p.
- Lisachuk G. V., Kryvobok R. V., Zakharov A. V., Fedorenko E. Y., Prytkina M. S. Thermodynamic analysis of solid phase reactions in  $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  system. *Function Materials*. 2016. No 1 (23), pp. 71–74.
- Fu Y.-P., Chang C.-C., Lin C.-H., Chin T.-S. Solid-state synthesis of ceramics in the  $\text{BaO} - \text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  system. *Ceramics International*. 2004. Vol. 30, pp. 41–45.
- Sung Y.-M., Kim S. Sintering and crystallization of off-stoichiometric  $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{SiO}_2$  glasses. *Journal of Materials Science*. 2000. Vol. 35, pp. 4293–4299.
- Lisachuk G. V., Kryvobok R. V., Zakharov A. V., Chefranov E. V., Lapuzina O. M., Voloshchuk V. V., Samoilenko N. N. Technological parameters of ceramics creation on the basis of slavsonit. *Éptőanyag - Journal of Silicate Based and Composite Materials*. 2019. Vol 71, No 2, pp. 48–53.
- Lisachuk G., Kryvobok R., Zakharov A., Tsovmá V., Lapuzina O. Influence of complex activators of sintering on creating radiotransparent ceramics in  $\text{SrO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 1, No 6 (85), pp. 10–15.

Надійшла (received) 19.10.2022

**Лісачук Георгій Вікторович (Лисачук Георгий Викторович, Lisachuk George Viktorovich)** – доктор технічних наук, професор, завідувач науково-дослідної частини НТУ «ХП»; 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, Krivobok Ruslan Viktorovich)** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник завідувача науково-дослідної частини НТУ «ХП»; м. Харків, Україна;

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

**Волощук Валентина Василівна (Волощук Валентина Васильевна, Voloshchuk Valentyna Vasylivna)** – молодший науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП»; м. Харків, Україна;

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

**G. V. LISACHUK, R. V. KRYVOBOK, V. V. VOLOSHCHUK**

### STUDY OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF OBTAINING CELSIANE AND SLAVSONITE CERAMICS USING SINGLE-STAGE TECHNOLOGY

On the basis of the  $RO-Al_2O_3-SiO_2$  system, radiotransparent ceramic materials of cordierite, celsian, and anorthite composition, which have low dielectric characteristics, are obtained. These requirements are met by one of the main phases of the  $BaO-Al_2O_3-SiO_2$  system – celsian ( $BaAl_2Si_2O_8$ ), the melting point of which is 1740 °C, and the beginning of active phase formation occurs at a processing temperature of 1300 °C, as well as one of the main phases of the  $SrO-Al_2O_3-SiO_2$  is slavsonite ( $SrAl_2Si_2O_8$ ), which undergoes congruent melting at a temperature of 1765 °C, and the beginning of active phase formation occurs at a processing temperature of 1400 °C. The purpose of the work is to study the technological parameters of obtaining celsian and slavsonite ceramics by one-stage technology. According to the subsolidus structure of the three-component system  $RO-Al_2O_3-SiO_2$  ( $RO = BaO, SrO$ ), it is advisable to synthesize the necessary phases from pure raw materials and, taking into account the presence of impurities that impair the dielectric characteristics, the synthesis of the necessary crystalline phases is carried out from technical raw materials. Figurative points of the compositions of the selected compounds correspond to their stoichiometric composition (for slavsonite, wt. %:  $SrO - 31,99; Al_2O_3 - 30,93; SiO_2 - 37,08$ ; for celsian, wt. %:  $BaO - 40,85; Al_2O_3 - 27,17; SiO_2 - 31,98$ ). It was established that the physical characteristics of the obtained samples improve with an increase in the firing temperature by 100 °C, but they are far from the desired level. The dielectric characteristics of the obtained materials are within the requirements for radio-transparent materials. Taking into account the investigated physical properties and the obtained radiographs of fired samples in order to obtain a densely sintered material, it was decided to investigate model compositions with the addition of intensifying additives and to study their influence on the properties of fired samples.

**Keywords:** radio-transparent ceramics, celsian, slavsonite, dielectric constant, dielectric loss tangent, X-ray phase analysis, intensifying additives.

**Г. В. ЛИСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, В. В. ВОЛОЩУК**

### ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЬЗИАНОВОЙ И СЛАВСОНИТОВОЙ КЕРАМИКИ ПО ОДНОСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

На основе системы  $RO-Al_2O_3-SiO_2$  получают радиопрозрачные керамические материалы кордиеритового, цельзианового и анортитового состава, обладающие низкими диэлектрическими характеристиками. Таким требованиям отвечает одна из основных фаз системы  $BaO-Al_2O_3-SiO_2$  – цельзиан ( $BaAl_2Si_2O_8$ ), температура плавления которого составляет 1740 °C, а начало активного образования фазы происходит при температуре обработки от 1300 °C, а также одна из основных фаз системы  $SrO-Al_2O_3-SiO_2$  – славсонит ( $SrAl_2Si_2O_8$ ), который испытывает конгруэнтное плавление при температуре 1765 °C, а начало активного образования фазы происходит при температуре обработки от 1400 °C. Цель работы – изучение технологических параметров получения керамики цельзиановой и славсонитовой по одностадийной технологии. Согласно субсолидусному строению трехкомпонентной системы  $RO-Al_2O_3-SiO_2$  ( $RO = BaO, SrO$ ), синтез необходимых фаз целесообразно проводить из чистого сырья и, учитывая наличие примесей, ухудшающих диэлектрические характеристики, синтез необходимых кристаллических фаз произведен из технического сырья. Фигуративные точки составов выбранных соединений соответствуют их стехиометрическому составу (для славсонита, мас. %:  $SrO - 31,99; Al_2O_3 - 30,93; SiO_2 - 37,08$ ; для цельзиана, мас. %:  $BaO - 40,85; Al_2O_3 - 27,17; SiO_2 - 31,98$ ). Установлено, что физические характеристики полученных образцов улучшаются с повышением температуры обжига на 100 °C, однако далеки от желаемого уровня. Диэлектрические характеристики полученных материалов находятся в пределах требований, предъявляемых к радиопрозрачным материалам. Учитывая исследованные физические свойства и полученные рентгенограммы выжженных образцов с целью получения плотноиспеченного материала, решено модельные композиции исследовать с добавлением интенсифицирующих добавок и изучить их влияние на свойства выжженных образцов.

**Ключевые слова:** радиопрозрачная керамика, цельзиан, славсонит, диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь, рентгенофазовый анализ, интенсифицирующая добавка.

**OLEXANDER YEFIMOV, LARYSA TIUTIUNYK, TETYANA HARKUSHA, TETYANA YESYPENKO, ANASTASIIA MOTOVILNIK**

## DESIGN CHARACTERISTICS OF THE HORIZONTAL STEAM GENERATOR PGV-1000

The materials of the article consider the design characteristics of horizontal steam generators PGV-1000 for WWER NPPs. The NPP steam generator, in particular the PGV-1000 steam generator, is a specific heat exchange unit. This unit, together with a nuclear reactor and a steam turbine, is one of the main equipment of multi-circuit (double-circuit) steam turbine NPPs. The steam generator produces working steam using heat dissipated from the reactor core by the cooling medium and sent to the heat exchange surface of the steam generator. NPP steam generators, connecting the contours of the coolant and the working substance, equally belong to each of them. The heat-absorbing medium in the steam generator is the working substance (water, steam). PGV-1000 type NPP steam generators with pressurized water reactors produce dry saturated steam. The requirement to maintain high purity of the coolant is due to the heat transfer surfaces of such steam generators made of austenitic stainless steel with electropolished surfaces. WWER reactors do not allow the coolant to boil in the core, so the temperature of the coolant at the outlet of the reactor (at the inlet to the steam generator) is always lower than the saturation temperature corresponding to the water pressure in the coolant circuit. Underheating of the coolant to the saturation temperature (approximately  $25 \div 30$  °C) guarantees the exclusion of vaporization even in the most loaded reactor channels. The design characteristics of modern horizontal steam generators such as PGV-1000 of various modifications provide high technical and economic performance of NPP units with WWER-1000 and high maintainability, which allows to extend the service life of domestic NPPs.

**Keywords:** horizontal steam generator PGV-1000, mathematical model, design characteristics.

### I. Introduction

The NPP steam generator, in particular the PGV-1000 steam generator, is a specific heat exchange unit. Together with a nuclear reactor and a steam turbine, this unit belongs to the main equipment of multi-circuit (double-circuit) steam turbine NPPs [1, 2, 3].

The steam generator produces working steam using heat dissipated from the reactor core by the cooling medium and directed to the heat exchange surface of the steam generator. NPP steam generators, connecting the coolant circuits and the active substance, belong equally to them [4].

Thermal, hydraulic, and structural characteristics of the horizontal steam generator NPP with PGV-1000 in nominal mode are shown in table 1.

The heat-absorbing medium in the steam generator is the working substance (water, steam). PGV-1000 type NPP steam generators with pressurized water reactors produce dry saturated steam.

The requirement to maintain the high purity of the coolant is due to the heat transfer surfaces of such GHGs from austenitic stainless steel with electropolished characters.

### II. The goal of the work

Design structural characteristics of the horizontal steam generator PGV-1000 for nuclear power plants with WWER.

The nuclear steam generator is an essential component of a pressurized water nuclear power plant, which plays an important role in the safety and efficiency of a nuclear power plant. Therefore, a reliable thermal-hydraulic model for modeling a nuclear steam generator is critical.

This model can be used to evaluate experimental data and licensing processes.

Table 1. Thermal, hydraulic and structural characteristics of the horizontal steam generator of the NPP with PGV-1000 at the nominal mode of operation of the power unit

The name of the parameter	Numeric value of the parameter
1	2
Thermal power, MW	750
Steam productivity, kg / s	408
The steam pressure generated is MPa	6,27
Steam temperature, °C	278,5
The temperature of the feed water, °C	225
Coolant consumption, kg / s	4100
Coolant pressure, MPa	15,7
The temperature of the coolant at the inlet to the steam generator, °C	320
The temperature of the coolant at the outlet of the steam generator, °C	289
Mean logarithmic temperature pressure, °C	23,1
Heat transfer coefficient, W / (m <sup>2</sup> · K)	6370
Average heat flux density, W / m <sup>2</sup>	6370
Area of the heat transfer surface (on the external diameter of pipes), m <sup>2</sup> :	
estimated	5096
actual	6115
The average velocity of the coolant in the pipes, m / s	4,2
The average velocity of steam coming out of the evaporation mirror, m / s	0,382
The average speed of steam at the entrance to the louver separator, m / s	0,38
The humidity of steam at the outlet of GHG, %, no more	0,25
Diameter and wall thickness of heat transfer surface pipes, mm	16 × 1,5

© Olexander Yefimov, Larysa Tiutiunyk, Tetyana Harkusha, Tetyana Yesypenko, Anastasiia Motovilnik. 2022



Number of pipes	11000
Average length, m	11,1
Total length, m	124460
The inner diameter of the coolant collector in the area of pipe rolling, mm	834
The internal diameter of the collector of feed water, mm	270
Length of the collector of feed water, mm	9300
Number of dispensing pipes	16
The internal diameter of distributing pipes, mm	16
The number of rows in the louver separators	8
The angle of inclination of the row to the horizon, deg	64
Height of the separator above the water level, mm	650
The distance from the axis of the upper row of pipes to the immersed perforated sheet, mm	260
Diameter of openings in the immersed perforated board, mm	15
Step of arrangement of openings (on a square), mm	52
The internal diameter of pipelines of supply and removal of the heat carrier, mm	870
The internal diameter of the supply water supply pipeline, mm	382
The internal diameter of the pipeline of removal of fresh steam, mm	210

### III. Main part

Structurally, the steam generator PGV-1000 for NPPs with WWER is a single-hull double-circuit heat exchanger of horizontal location with a submerged tube bundle.

The steam generator consists of a housing, inlet, and outlet collectors of a U-shaped tube bundle of the heat exchange surface, a distributing collector of feed water, a built-in separation device, a steam exhaust system, a purge, and a drainage system.

The cylindrical part is divided into three shells, the middle of which has an increased thickness because it is weakened by cylindrical vertical collectors passing through it. Collectors are used for the supply and discharge of primary coolant.

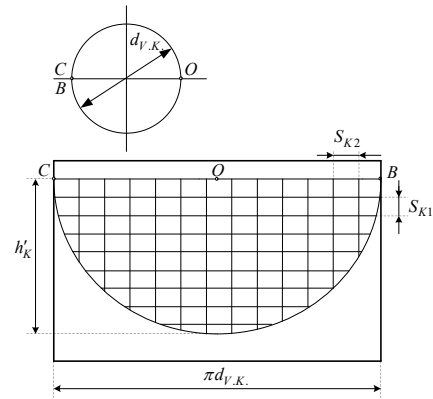
The heat exchange surface consists of two symmetrical parts (left and right), each including half of the distributing and collecting collectors connected by U-shaped pipes. The number of pipes in each part equals half of the total number of pipes.

The area for fixing the pipes in each semi-collector is equal to ¼ the fraction of the circle with the diameter, which is the diameter of the collector. (fig. 1)

The heat transfer surface pipes are arranged in packages (fig. 2), the number of rows is 2 ÷ 3 in height. In the top row is the maximum number of packets 3 ÷ 5.

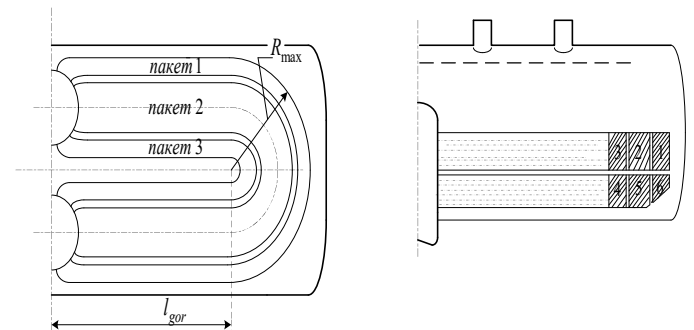
The distance between rows of packages and between packages in a row usually equals 2 ÷ 3 steps of pipe gratings. It is used to accommodate the supporting structures of the heat exchange surface and the device for

introducing feed water into the steam generator (space between inner packages is used to accommodate feed water drains). Thus the pipe board is semicircular. As a result, the U-shaped pipe includes two horizontal sections and two curved sections for radial entry into the collector. For simplification, the collector is conditionally replaced by a flat tubular board located at a distance of half the radius from the center of the collector.



$d_{v.k}$  – the inner diameter of the collector,  
 $h'_k$  – the distance between the first and last rows of the collector,  
 $S_{k1}$   $S_{k2}$  – pipe lattice steps

Fig. 1. Location of PT pipes on GHG collectors



$l_{ger}$  – the length of the horizontal part of the pipes  
 $R_{max}$  – radius of pipes with the greatest bend

Fig. 2. Placement of pipe packages in the PA

The collectors include 11,000 horizontal beam pipes. The inner diameter of the pipes is 16 mm. The wall thickness is 1.5 mm. The average length is 11.3 m. The pipes are rolled by the explosion to the entire thickness of the collector with subsequent boiling. Collectors are attached to the housing through thermal compensators.

The beam tubes rest on the spacer grilles. An immersed perforated sheet is located above the beam to equalize the load of the evaporation mirror. Nutrient water is supplied through a pipeline inserted into the housing through a thermal compensator.

The pipeline feed water on four perforated assignments goes to an entrance zone of a surface of heat exchange. In the inlet zone, there is a greater temperature pressure, so it produces more steam. The direction to this zone of cold feedwater leads to a decrease in vapor content due to the condensation of steam. This scheme of supply of feedwater somewhat equalizes the vapor content in the cross-section of the water volume, which leads to approximately equal velocities of steam at the entrance to the vapor space.

Steam separation takes place in inclined louver separators (on steam generators manufactured after 1992, it is absent). The ceiling, which receives steam and is a perforated shield, helps to equalize the velocities of steam currents in the volume of separation. Separated liquid through the pipes enters the level along the walls of the housing.

The steam is discharged through seven pairs of steam outlets arranged in a checkerboard pattern. To ensure the required purity of the steam, periodic and continuous purging and drainage are provided, carried out through the fittings placed along the lower forming body.

WWER reactors do not allow the coolant to boil in the core, so the temperature of the coolant at the outlet of the reactor (at the inlet to the steam generator) is always lower than the saturation temperature corresponding to the water pressure in the coolant circuit. Underheating of the coolant to the saturation temperature (approximately 25 ÷ 30 ° C) guarantees the exclusion of vaporization even in the most loaded reactor channels.

The temperature level of cooling of VVER type reactors is low. Operating reactors have a coolant outlet temperature of not more than 325 ° C. To obtain higher parameters of the generated steam, the steam generator is carried out at low-temperature pressures. The minimum temperature pressure takes place at the outlet of the coolant from the evaporator of the steam generator. Its value is 10 ÷ 20 ° C. At such temperature pressures, the calculated value of the heat transfer surface is quite large. Therefore, four steam generators (four circulation loops) are installed on the VVER-1000 reactor, which allows not to stop the reactor, but only to reduce its power in case of equipment failure.

Since the pressure of the coolant is significantly higher than the pressure of the working fluid, the water of the primary circuit flows through the pipe system in the heat exchange surface of the steam generator and the working substance - in the intertube space. Circulation of the working substance (boiler water) in the intertube space is natural with transverse washing of the pipes. Nutrient water is fed into the lowering section of the natural circulation circuit. It mixes with a saturation temperature and enters from below on the surface that transfers heat, heats, and boils. The mixture of steam and liquid enters the separator, where the separation of dry saturated steam is.

The object of modeling the thermal scheme of the steam generator without a superheater and the

economizer is allocated in a separate site which is given in fig. 3,4. Nourishing water with temperature is fed into the body of the steam generator, where it mixes with boiler water, goes down the evaporator, and boils on the outer surface of the pipes. The feedwater is heated (saturation temperature of the working fluid) in the evaporator due to the condensation of some steam.

The mathematical model of the steam generator includes the following dependencies [5–15]:

a) the equation of heat balance of the steam generator:

$$Q_{PG} = (D + D_{SN} + D_{PR}) \cdot (i'_S - i_{PV}) + (D + D_{SN})r;$$

$$G(i'_1 - i''_1)\eta_{PG} = (D + D_{SN} + D_{PR}) \cdot (i'_S - i_{PV}) + (D + D_{SN})r,$$

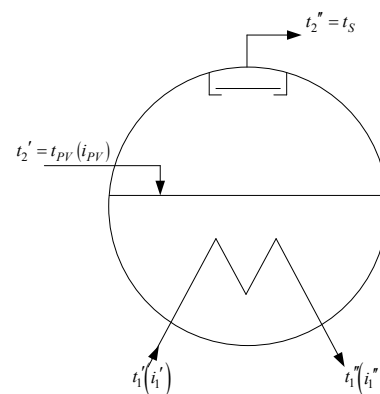


Fig. 3. Schematic thermal diagram of the horizontal steam generator PGV-1000

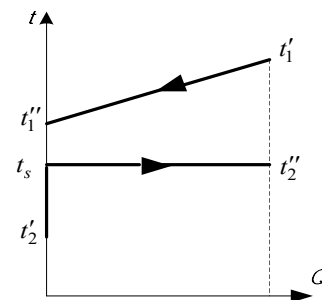


Fig. 4. t-Q diagram of the horizontal steam generator PGV-1000

where  $Q_{PG}$  – the amount of heat transferred from the coolant to the working fluid in the GHG;

$G$  – mass flow rate,

$i'_1, i''_1$  – enthalpy of the coolant at the inlet to the GHG and out of it;

$\eta_{PG}$  – KKD PG;

$D$  – GHG steam productivity;

$D_{PR} = (0,005 \div 0,01)D$  – water consumption for GHG purge;

$D_{SN} = (0,015 \div 0,03)D$  – steam consumption for

own needs;  $i_{PV}$  – enthalpy of feed water;

$i'_s$  – enthalpy of water at saturation temperature;

$r$  – hidden heat of vaporization.

b) equation of material balance of the working substance:

$$D_{pv} = D_{pv} + D_{sn} + D = D_{pr} + D_{dis}, \quad (2)$$

where  $D_{pv}$ ,  $D_{dis}$  – costs: nutrient water, working substance through the evaporation zone;

c) equation of material balance for the coolant:

$$Gr = G \cdot 4, \quad (3)$$

where  $Gr$  – coolant flow through the reactor;

d) heat transfer equation:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{sr} \quad (4)$$

where  $k$  – heat transfer coefficient;

$F$  – heat transfer area;

$\Delta t_{sr}$  – the average temperature pressure between the coolant and the working substance.

### Conclusion

Scientific research is aimed at solving the problems of increasing the efficiency, reliability, environmental friendliness and safety of the production of electric, thermal and other types of energy by complex thermal energy systems (CTS), such as power units of thermal and nuclear power plants, gas pumping units of gas pumping stations, power generating equipment of heat networks and others.

This represents an important and urgent problem of national significance for Ukraine, which is directly related to the introduction of energy-saving technologies in various sectors of the economy and industry, the effective use of energy resources, and the prevention of large-scale man-made disasters. In this regard, there is a need to develop new effective theories and methods for analyzing the quality of functioning and structural-parametric synthesis of CTS, their diagnostics and reliability forecasting, both in the process of design and construction, and during operation.

The scientific novelty of the performed research consists in the development and development of theories and new methods of simulation modeling, determination of reliability and optimization of parameters of technological processes in power equipment, which are intended for the creation and organization on the basis of modern information technologies of computer systems for intellectual support of the activities of the operational personnel of the CTS.

The design characteristics of the horizontal steam generator PGV-1000 were calculated, which provide high technical and economic performance indicators for the operation of NPPs with WWER-1000.

### References (transliterated)

- Kirillov P. L., Yuriev Yu. S., Bobkov V. P. (1984), *Jadernye reaktory, teploobmenniki, parogeneratory: spravochnik po teplogidravlicheskim raschetam* [Nuclear reactors, heat exchangers, steam generators: a guide to thermohydraulics], Energoatomizdat, Moscow, 296 p.
- Ganchev B. G., Kalishevsky L. L., Demeshev R. S. (1990), *Jadernye jenergeticheskie ustanovki* [Nuclear power plants], Energoatomizdat, Moscow, 629 p.
- Grigorieva V. A. (Ed.), Zorina V. M. (Ed.) (1989), *Teplovyje i atomnyje jelektricheskie stancii* [Thermal and nuclear power plants], Energoatomizdat, Moscow, 608 p.
- Rassokhin N. G., Melnikov V. N. (1985), *Parogeneratory, separatory i paropriemnye ustrojstva AJeS* [Steam generators, separators and steam receiving devices of NPPs], Energoatomizdat, Moscow, 80 p.
- Yefimov O. V., Pylypenko M. M. (2015), *Konstrukcii, materialy, procesy i rozrahunky reaktoriv i parogeneratoriv AES* [Designs, materials, processes and calculations of reactors and steam generators of nuclear power plants], NTU "KhPI", Kharkiv, 268 p., ISBN 978-966-2426-00-7
- Yefimov O. V., Pylypenko M. M., Potanina T. V., Kavertsev V. L., Harkusha T. A. (2017), *Reaktory i parogeneratory energoblokov AES: shemy, procesy, materialy, konstrukcii, modeli* [Reactors and steam generators of NPP power units: schemes, processes, materials, structures, models], LLC "In the case", Kharkiv, 420 p., ISBN 978-617-7305-28-5.
- Zeigler B. B. *Theory of Modeling and Simulation* / B. B. Zeigler, H. Praehofer, T. G. Kim. – Academic Press, 2000. – 510 p.
- Shi L., Xu G.: *Self-Adaptive Evolutionary Programming and Its Applications to Multi-Objective Optimal Operation of Power Systems*. *Electric Power Systems Research*, 57, pp. 181–187, 2001.
- Dudek G.: *Algorytm genetyczny jako metoda optymalizacji doboru skladu jednostek wytwórczych w systemie elektroenergetycznym*. *Materiały konferencyjne: „Algorytmy Ewolucyjne i Optymalizacja Globalna”*, pp. 51–58, Łądek Zdrój 2000. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- Miranda V., Srinivasan D., Proenca L.: *Evolutionary Computation in Power Systems*. *Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 20, No. 2, pp. 89–98, 1998.
- Luh P., Zhang D., Tomastik R.: *An Algorithm for Solving the Dual Problem of Hydrothermal Scheduling*. *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 13, No. 2, pp. 593–600, 1998.
- Tatiana Potanina. *Symulacyjne modelowanie funkcjonowania energobloku elektrowni atomowej z reaktorem WWER-1000* / Tatiana Potanina, Aleksander Efimow // *Nauka i studia*. – 2009. – № 2 (14). – pp. 59–69.
- Pelish S. N., Baskakov V. Ye., Cyzelska T. V. *Kompleksnyj kriterij effektivnosti algoritma manevrirovaniya moshhnost'yu reaktora WWER-1000 v peremennom rezhyme* [A complex criterion of the efficiency of the algorithm for maneuvering with the power of a WWER-1000 reactor in a variable mode]. *Publikaciyi Odes'kogo politexnichnogo universytetu*, [Publications of Odessa Polytechnic University]. 2009. Vol. 2(32). P. 53–58.
- Potanina T., Efimov A. *Problem of optimal load distribution between power units on the power stations*. *MOTROL. Lublin*. 2009. Vol. 11A. pp. 25–30.
- Kuhtin D.I., Yefimov A.V., Potanina T.V., Garkusha T.A. *Matematicheskie modeli sistem i oborudovaniya energoblokov elektrostancij dlya avtomatizirovannogo upravleniya rezhymami ih ekspluatatsii*. [Mathematical models of systems and equipment of power generating units for automated control of their operation modes] *Visnyk Nacz. techn. un-ta «XPI»*: Zb. nauk. pr. Ser. *Gidravlichni mashyny ta hidroagregaty* [Visnyk of Nat. Tech. University "KhPI": Collection of scientific papers, Ser. Hydraulic machines and hydraulic units], 2015. No 45 (1154). pp. 96–104.

Надійшла (received) 19.10.2022

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

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3300-7447>; e-mail: [AVEfimov22@gmail.com](mailto:AVEfimov22@gmail.com)

**Тютюник Лариса Іванівна (Тютюник Лариса Ивановна, Tyutiunyk Larysa Ivanivna)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3128-497X>; e-mail: [lara.tyutyunik@gmail.com](mailto:lara.tyutyunik@gmail.com)

**Гаркуша Тетяна Анатоліївна (Гаркуша Татьяна Анатольевна, Harkusha Tetyana Anatoliivna)** – науковий співробітник кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: [Tetiana.Harkusha@khpri.edu.ua](mailto:Tetiana.Harkusha@khpri.edu.ua)

**Єсипенко Тетяна Олексіївна (Есипенко Татьяна Алексеевна, Tetyana Yesypenko Oleksiivna)** – науковий співробітник кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6513-2088>; e-mail: [yestat@gmail.com](mailto:yestat@gmail.com)

**Мотовільник Анастасія Вадимівна (Мотовильник Анастасия Вадимовна, Motovilnik Anastasiia Vadimovna)** – аспірантка, кафедра парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: [Nastya.motov@gmail.com](mailto:Nastya.motov@gmail.com)

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

**КОНСТРУКТИВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА ПГВ-1000**

У матеріалах статті розглянуто конструктивні характеристики горизонтальних парогенераторів ПГВ-1000 для АЕС ВВЕР. Парогенератор АЕС, зокрема парогенератор ПГВ-1000, є специфічною теплообмінною установкою. Цей агрегат разом з ядерним реактором і паровою турбіною є одним з основних устаткування багатоконтурних (двоконтурних) паротурбінних АЕС. Парогенератор виробляє робочу пару, використовуючи тепло, що розсіюється від активної зони реактора охолоджуючим середовищем і направляється на теплообмінну поверхню парогенератора. Парогенератори АЕС, з'єднуючи контури теплоносія і робочої речовини, однаково належать кожному з них. Теплопоглинаючим середовищем у парогенераторі є робоча речовина (вода, пара). Парогенератори АЕС типу ПГВ-1000 з водоводяними реакторами виробляють суху насичену пару. Вимога дотримання високої чистоти теплоносія обумовлена теплообмінними поверхнями таких парогенераторів з аустенітної нержавіючої сталі з електрополірованими поверхнями. Реактори ВВЕР не допускають кипіння теплоносія в активній зоні, тому температура теплоносія на виході з реактора (на вході в парогенератор) завжди нижче температури насичення, що відповідає тиску води в контурі теплоносія. Недогрів теплоносія до температури насичення (приблизно  $25 \div 30$  °С) гарантує виключення пароутворення навіть у найбільш завантажених каналах реактора. Конструктивні характеристики сучасних горизонтальних парогенераторів типу ПГВ-1000 різних модифікацій забезпечують високі техніко-економічні показники блоків АЕС з ВВЕР-1000 та високу ремонтпридатність, що дозволяє продовжити термін служби вітчизняних АЕС.

**Ключові слова:** горизонтальний парогенератор ПГВ-1000, математична модель, конструктивні характеристики

**О. В. ЕФИМОВ, Л. И. ТЮТЮНИК, Т. А. ГАРКУША, Т. А. ЕСИПЕНКО, А. В. МОТОВИЛЬНИК**

**КОНСТРУКТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА ПГВ-1000**

В материалах статьи рассмотрены конструктивные характеристики горизонтальных парогенераторов ПГВ-1000 для АЭС ВВЭР. Парогенератор АЭС, в частности парогенератор ПГВ-1000, является специфической теплообменной установкой. Этот агрегат вместе с ядерным реактором и паровой турбиной является одним из основных оборудования многоконтурных (двухконтурных) паротурбинных АЭС. Парогенератор производит рабочий пар, используя рассеивающееся от активной зоны реактора охлаждающей средой тепло и направляется на теплообменную поверхность парогенератора. Парогенераторы АЭС, соединяя контуры теплоносителя и рабочего вещества, все равно принадлежат каждому из них. Теплопоглощающей средой в парогенераторе является рабочее вещество (вода, пар). Парогенераторы АЭС типа ПГВ-1000 с водо-водяными реакторами производят сухой насыщенный пар. Требование соблюдения высокой чистоты теплоносителя обусловлено теплообменными поверхностями таких парогенераторов из нержавеющей аустенитной стали с электрополированными поверхностями. Реакторы ВВЭР не допускают кипения теплоносителя в активной зоне, поэтому температура теплоносителя на выходе из реактора (на входе в парогенератор) всегда ниже температуры насыщения, что соответствует давлению воды в контуре теплоносителя. Недогрев теплоносителя до температуры насыщения (примерно  $25 \div 30$  °С) гарантирует исключение парообразования даже в наиболее загруженных каналах реактора. Конструктивные характеристики современных горизонтальных парогенераторов типа ПГВ-1000 различных модификаций обеспечивают высокие технико-экономические показатели блоков АЭС с ВВЭР-1000 и высокую ремонтпригодность, что позволяет продлить срок службы отечественных АЭС.

**Ключевые слова:** горизонтальный парогенератор ПГВ-1000, математическая модель, конструктивные характеристики

**С. І. БУХКАЛО****КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ  
ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ ЯК СПІВПРАЦЯ АСОЦІАЦІЙ EFCE та CFE-UA**

У матеріалах статті розглянуті можливості для визначення цілей навчання студентів ВНЗ з метою подальшої розробки складових комплексних проектів. При написанні статті використано досвід викладання дисципліни «Основи проектування обладнання хімічних виробництв» в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів у 2022 р. Комплексні системи визначення складових дисципліни зумовили компетентності та якість матеріалу, а питання, що розглядаються пропущені через призму власного творчого сприйняття, що робить матеріал особливо цінним. Розробки проведені з застосуванням сучасних високоєфективних науково-обґрунтованих процесів та апаратів хімічних та харчових виробництв, наприклад, від різновидів аналізу класифікації-ідентифікації, загальних понять та вимог проектування різновидів обладнання хімічних виробництв до вибору алгоритмів розрахунків на різних стадіях проектування, виготовлення та експлуатації. Представлені приклади і деякі особливості можливих рішень навчання, які засновані на експериментальних даних розробки механізмів ідентифікації-класифікації процесів і їх наукового обґрунтування у вигляді об'єктів інтелектуальної власності.

**Ключові слова:** основи проектування, моделі програмування хімічних виробництв та обладнання, комплексні інноваційні проекти, науково обґрунтовані методи навчання студентів.

**Вступ.** Початковим етапом розробки комплексного інноваційного навчання можна означити складові викладання дисциплін, які утворюють цикл з відповідних напрямків інноваційного розвитку співпраці асоціацій EFCE (європейська федерація хімічної інженерії) та CFE-UA (українська асоціація хімічної та харчової інженерії) і спрямовані на формування навичок створення й опису систем різного рівня складності.

Дисципліна «Основи проектування обладнання хімічних виробництв» входить до циклу нормативних дисциплін і займає важливе місце в підготовці спеціалістів за спеціальністю Хімічні технології. Теоретична частина курсів включає матеріал про основні методології, засоби й структуру порівняльного аналізу. Поряд з основним теоретичним матеріалом у кожний з курсів включені блоки прикладів аналізу практичних розрахунків за експериментальними дослідженнями різних актуальних технологій галузей, реально використовуваних у проектах підприємств.

З метою підготовки спеціалістів вищої кваліфікації з хімічної промисловості викладачами кафедри видано понад 5 підручників та навчальних посібників. Підручники отримали нагороди МОН України та НАН вищої освіти.

В деяких виданнях [1–7] вперше в Україні запропоновано сумісне розглядання теоретичних питань з курсу, на підставі яких можуть бути розроблені практичні та самостійні завдання: розроблені багатоваріантні тестові завдання та задачі з основних тем курсу; індивідуальні та контрольні завдання для самостійної роботи. Засвоєння студентами навчального матеріалу пов'язане з різновидами матеріалів інтелектуальної власності, в які включено індивідуальні елементи нових наукових досліджень EFCE та CFE-UA.

Основні засади системного аналізу визначені на основі класифікації-ідентифікації основних складових проектування обладнання, наприклад,

методів інтеграції в енергозберігаючих хімічних виробництвах; взаємозв'язок явищ в окремих процесах та апаратах; ієрархія явищ та їх супідрядність у вивченні процесів та апаратів; ієрархічна структура хімічного виробництва; взаємовплив апаратів та інші.

Зазвичай такі інноваційні методи навчання завершуються публікацією статті або тез конференції для кожного студента, що потребує визначення складових навчання за дисципліною Основи проектування обладнання хімічних виробництв, наприклад для гр. ХТ-120к:

Перелік запланованих результатів навчання з дисципліни, співвіднесених із запланованими результатами освоєння освітньої програми можна визначити як:

1. Мета та місце дисципліни у структурі освітньої програми.

2. Зміст робочої програми (обсяг дисципліни, типи та види навчальних занять, навчально-методичне забезпечення самостійної роботи студентів).

3. Фонд оціночних засобів з дисципліни – перелік компетенцій із зазначенням етапів їх формування у процесі освоєння освітньої програми. Опис показників та критеріїв оцінювання компетенцій на різних етапах їх формування, опис шкали оцінювання.

4. Типові контрольні завдання чи інші матеріали, необхідні оцінки знань, умінь, навичок та досвіду діяльності, що характеризують етапи формування компетенцій у процесі освоєння освітньої програми.

5. Методичні матеріали, що визначають процедури оцінювання знань, умінь, навичок та досвіду діяльності, що характеризують етапи формування компетенцій.

6. Навчально-методичне та інформаційне забезпечення дисципліни.

© Бухкало С.І., 2022

7. Перелік основної та додаткової навчальної літератури, необхідної для освоєння дисципліни.

8. Перелік ресурсів інформаційно-телекомунікаційної мережі «Інтернет» та програмного забезпечення, необхідні для освоєння дисципліни, визначення моделей програмування.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та приклади об'єктів вивчення дисципліни.**

Ціль навчання, вимоги до знань студентів мають інноваційне розвинення у всіх семестрах реалізації комплексного плану за основними темами викладання дисципліни (табл. 1). Зазвичай дослідники розрізняють класифікацію-ідентифікацію за напрямками проектування хімічних підприємств. Наприклад, технічне переоснащення виробництва полягає в заміні окремих екземплярів обладнання на ідентичні по конструкції, але фізично нові, не зношені та більш досконалі по конструкції, або виготовлені з більш якісних матеріалів. Такий етап не змінює технічних і технологічних основ виробництва а впливає лише на окремі елементи складових системи – конкретні позиції обладнання або окремі технологічні рішення. При цьому, практично, не має додаткового будівництва і може бути здійснено без тривалої зупинки виробництва в ході планово-попереджувальних ремонтів.

Реконструкція за класифікацією-ідентифікацією, як правило, полягає в повному або частковому переобладнанні діючих виробництв на базі нової техніки та технології: замінюються комплекси

зношеного або застарілого обладнання, усуваються наявні диспропорції в технологічних та інших виробничих ланках. Реконструкція, практично, не має додаткового будівництва, але часто вимагає часткової перебудови або розширення діючих складових підприємства основного виробничого призначення. Освоєння виробництва нових видів продукції, а також системне удосконалення технології існуючих виробництв (наприклад удосконалення хімічних схем синтезу або оптимізація технологічного режиму окремих стадій процесу) теж по суті є реконструкцією, навіть якщо зовсім не вимагає оновлення техніки.

Будівництво нових виробничих комплексів на території діючих підприємств здійснюють для збільшення потужності діючого підприємства з одночасним поліпшенням техніко-економічних показників, які не можуть бути досягнуті шляхом реконструкції або технічного переозброєння.

Відмінною особливістю навчання студентів в НТУ «ХП» за вказаними напрямками є його комплексний характер (таблиці 1 та 2, приклад для сьомого семестру викладання дисципліни), оскільки сумісно розглядаються різновиди представлених матеріалів навчальних занять (нз): теоретичні питання курсу (лк) – багатоваріантні тестові завдання у вигляді алгоритмів розрахунків з основних тем курсу (пз), індивідуальні та контрольні завдання, матеріал для самостійної роботи (с).

Таблиця 1. Класифікація-ідентифікація дисципліни за основними темами її викладання (проф. Бухкало С.І.)

№	Приклади ієрархії складових дисципліни Основи проектування обладнання хімічних виробництв
1	Загальні відомості про: об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, вимоги до знань студентів; історичний розвиток хімічної технології як науки Класифікація-ідентифікація загальних положень наукового обґрунтування і вимог до проектування та виготовлення хімічного обладнання.
2	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання – різновиди та особливості конструкції пластинчастих теплообмінників (ПТО).
3	Класифікація-ідентифікація основних напрямків розвитку проектування, інноваційного дослідження машин і апаратів хімічної технології – показники енергетичної, ресурсної та екологічної ефективності установок та обладнання.
4	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання – різновиди ПТО розбірних.
5	Узагальнена структурна схема технологічної лінії, процеси, обладнання та стадії хімічного виробництва; основні питання модернізації виробництва.
6	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання – ПТО напіврозбірні.
7	Ієрархія вибору матеріального виконання основного обладнання за прикладами вимог науково-технічної документації (НТД) виробництва – різновиди та особливості конструкції.
8	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання – різновиди ПТО нерозбірних.
9	Класифікація-ідентифікація основних показників розрахунку на міцність машин і апаратів хімічних виробництв.
10	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання – різновиди та особливості конструкції спіральних ПТО.
11	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей з методів проектування: математичне моделювання, різновиди перевірки, розрахунки обладнання та ін.
12	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання – різновиди та особливості конструкції рекуперативних теплообмінників
13	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей про процеси теплообміну і теплопередачі теплообмінних апаратів хімічних виробництв, різновиди та особливості конструкції обладнання.
14	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання – різновиди та особливості конструкції регенеративних теплообмінників
15	Класифікація-ідентифікація основних показників хімічних виробництв: визначення та положення про гарячі (нагрівальні) теплоносії та холодні (охолоджувальні) теплоносії.
16	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання – різновиди та особливості конструкції кожухотрубчастих теплообмінників

Таблиця 2. Комплексний план навчальних занять другого модулю кафедра ІТПА НТУ «ХП» (проф. Бухало С.І.)

№ п/п	Вид нз	Найменування тем, різновидів навантаження і питань аналізу кожного виду занять комплексу технологій харчових виробництв
1	лк	Нормативно-технічні документи та вимоги до розробки проектів обладнання і установок. Класифікація-ідентифікація складових поняття установка та обладнання для різновидів хімічних виробництв.
2	лк	Ієрархія факторів впливу на вибір елементів обладнання або установки та визначення складових виконання: технічне завдання, технічний проект, виробничі креслення і ін.
3	лк	Аналіз систем ієрархії вибору матеріального виконання основного обладнання за прикладами вимог виробництва – поетапний аналіз процесів та операцій.
4	лк	Класифікація-ідентифікація ієрархії вибору основних показників розрахунку на міцність машин і апаратів за прикладами для хімічних виробництв.
5	лк	Дослідження та порівняльний аналіз типових схем багатокорпусних випарних установок – випарні апарати заглибного горіння: типи апаратів, конструкції горілок.
6	лк	Дослідження та порівняльний аналіз центрифуг хімічних виробництв: фільтруюча, осадова, з пульсуючим вивантаженням осаду, безперервна зі шнековим вивантаженням осаду
7	лк	Дослідження та порівняльний аналіз насосного обладнання: загальні відомості, класифікація-ідентифікація та вибір за різновидами технологічних процесів хімічних виробництв.
8	лк	Дослідження та порівняльний аналіз типових схем багатокорпусних випарних установок: загальні відомості, класифікація-ідентифікація та вибір за різновидами технологічних процесів хімічних виробництв.
9	пз	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей проектування і аналіз розрахунків з виготовлення хімічного обладнання за алгоритмами – різновиди фільтрів для рідин.
10	пз	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей проектування і аналіз розрахунків з виготовлення хімічного обладнання за алгоритмами – роторний плівковий апарат з циліндричним корпусом.
11	пз	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей проектування і аналіз розрахунків з виготовлення хімічного обладнання – алгоритм розрахунку та порівняльна характеристика для різновидів абсорберів.
12	пз	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей проектування і аналіз розрахунків з виготовлення хімічного обладнання – алгоритми розрахунку випарних установок.
13	пз	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей проектування і аналіз розрахунків з виготовлення хімічного обладнання – установки заглибного горіння, визначення загальних характеристик
14	пз	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей проектування і аналіз розрахунків з виготовлення хімічного обладнання – роторні плівкові апарати з циліндричним корпусом.
15	пз	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей проектування і аналіз розрахунків з виготовлення хімічного обладнання – ректифікаційні колони безперервної дії зі сітчастими тарілками.
16	пз	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей проектування і аналіз розрахунків з виготовлення ємнісного хімічного обладнання – Модульна контрольна робота
17	с	Розрахунки та конструктивні особливості теплообмінних апаратів хімічної промисловості, які випускаються провідними фірмами світу – класифікація-ідентифікація та загальні відомості для проектування
18	с	Сучасні масообмінні тарілки та регулярні насадки, які випускають провідні фірми світу за прикладами і задачами – класифікація-ідентифікація та загальні відомості для проектування.
19	с	Конструктивні особливості сучасних фільтрів ведучих мирових фірм – класифікація-ідентифікація та загальні відомості для проектування, порівняльний аналіз.
20	с	Перспективні напрямки подальшого підвищення продуктивності систем інженерної комп'ютерної графіки: класифікація-ідентифікація, порівняльний аналіз та загальні відомості проектування.
21	с	Ділова комп'ютерна графіка: для наочного графічного відображення даних, які зберігаються у електронних таблицях і базах даних, переважно для сфер управління підприємствами, економічних розрахунків тощо.
22	с	Наукова комп'ютерна графіка: для наочної візуалізації результатів наукових експериментів, автоматизованого проектування наукових та науково-технічних задач.
23	с	Наукова комп'ютерна графіка: формування наукової документації із застосуванням спеціальної нотації, наприклад, технологічних схем, математичних та хімічних формул тощо.
24	с	Наукова комп'ютерна графіка: дослідження екологічних, метеорологічних та інших природних об'єктів, процесів та апаратів різновидів галузей хімічних виробництв тощо.

Ускладнення конструкцій обладнання, зростання вимог до їх якості і надійності, ускладнення умов експлуатації, необхідність скорочення термінів розробки нових виробів або вдосконалення вже існуючих вимагають прийняття складних рішень в мінімальні терміни [1].

Основи проектування обладнання хімічних виробництв можна класифікувати-ідентифікувати як комплекс дослідницьких робіт з метою отримання складових ієрархії алгоритмів розробки нового або

модернізованого технічного об'єкта, достатніх для реалізації або виготовлення об'єкта в заданих умовах.

В процесі проектування виникає необхідність створення складових необхідних для побудови ще не існуючого об'єкта. Отримувані при проектуванні складові можуть бути остаточними або проміжними. Остаточні – комплект конструкторсько-технологічної документації у вигляді різновидів креслень, специфікацій, програм для ЕОМ і автоматизованих комплексів і т.п.

Також це технологія інформаційна: технологічний процес – задача та об'єкт розробки, результатом якої є інформаційна модель. Модель об'єкта, представлена у вигляді інформації, яка описує суттєві для даного розгляду параметри і змінні величини об'єкта. Інформаційна модель виробу – сукупність даних і залежності між ними, що описують різні властивості реального об'єкта, наприклад, обладнання, які цікавлять розробника моделі і потенційного або реального користувача [3]. Електронний макет – електронна модель виробу, що описує його зовнішню форму і розміри, що дозволяє повністю або частково оцінити його взаємодію з елементами виробничого і/або експлуатаційного оточення, що служить для прийняття рішень при розробці виробу та в процесі його виготовлення і використання [3].

Головним завданням дисципліни є формування теоретичних знань у фахівців хімічних виробництв про основні принципи та процеси, що проходять у різновидах обладнання, під час його експлуатації. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: основні технологічні, наукові, методологічні, екологічні та техніко-економічні терміни і поняття; закономірності процесів, які є спільними для виробництва хімічної продукції, про цілісність процесів, що забезпечують завдані властивості продукту; науково-теоретичні основи сучасних технологічних процесів і способи їх практичної реалізації; умови проведення технологічних операцій; вимоги стандартів до якості основної цільової продукції; систему різновидів методів хіміко-технологічного контролю виробництва.

Таким чином, при застосуванні комплексних навчальних занять відбувається формування і розвиток у студентів професійних компетенцій, що дозволяють їм виконувати інженерно-дослідну роботу за конкретними технологічними процесами. Для представленого матеріалу наявна різноманітність тем і завдань, які відповідають основним розділам курсу «Загальна хімічна технологія» з включенням розділів «Класифікація основних закономірностей хімічної технології» та «Основні характеристики комплексних проектів інноваційного промислового підприємства», що розширює можливості підготовки бакалаврів [1–5].

Представлення за життєвим циклом про складні технічні об'єкти в процесі їх проектування поділяються на аспекти і ієрархічні рівні. Аспекти, у свою чергу, характеризують ту чи іншу групу споріднених властивостей об'єкта. Типовими аспектами в описах технічних об'єктів є: функціональний (відображає фізичні та інформаційні процеси, що протікають в об'єкті при його функціонуванні: функціональні і логічні схеми; схемо-технічний; компонентний), конструкторський (характеризує структуру, розташування в просторі і форму складових частин об'єкта) і технологічний (визначає технологічність, можливості і способи виготовлення об'єкта в заданих умовах табл. 3).

У зв'язку з тим, що Україна на даний момент майже не забезпечена власними енергетичними ресурсами не більше ніж на 40 %, а середня вартість енергії на питомий продукт, який випускався українською хімічною промисловістю до загарбницької війни, у 1,5 – 2 рази перевищувала цей показник для індустріально розвинених країн, більшість діючих українських підприємств підлягають реконструкції або оптимізації обладнання, перш за все, з погляду ресурсо- і енергозбереження. При будівництві нових підприємств так само необхідно використовувати сучасні ресурсо- і енергозберігаючі методи проектування обладнання хімічних галузей.

Один з таких методів, пінч-технологія, надає інженерам-конструкторам, технологам і проектувальникам можливість, що принципово відрізняється від існуючих математичних методів, які подібні чорній шухляді.

Структура проектування технологічних процесів та обладнання галузей хімічної промисловості у багатьох випадках може бути класифікована як хіміко-технологічна система. Слід враховувати при проектуванні обладнання, що протікання процесів супроводжується хімічними реакціями в апаратах, що застосовуються в хімічній технології, ці процеси супроводжуються переносом (передачею) теплоти: при екзо- і ендотермічних реакціях, наприклад, у процесах сушіння, кристалізації, адсорбції, ректифікації й ін.

Проектування підприємств хімічної промисловості може бути розділене на два рівні. Перший рівень – це проектування індивідуальних установок, таких як, реактори, печі, системи розподілу, теплообмінні апарати, сушарки і т.д. Другий рівень – це об'єднання цих установок в інтегровані системи виробничих процесів. Пінч-аналіз зв'язаний із другим рівнем. Технологія проектування індивідуальних установок добре розвинена, але задача вибору оптимального розміщення апаратів і їхньої взаємодії надзвичайно складна. Для рішення цієї задачі в пінч-аналізі розроблені методи і правила, що базуються на основних термодинамічних законах.

Ці технологічні системи промисловості характеризуються великою кількістю прямих, обвідних, рециркулюючих, що розгалужуються і з'єднуються матеріальних потоків, які утворюють систему або підсистему підприємства, до якої можна застосувати методи системного аналізу.

**Приклад розробки технологічних та функціональних складових об'єктів.** Процес виробництва спирту із крохмалистих матеріалів (зерно або картопля) передбачає багаторазову дію нагрівання й охолодження. У зв'язку із цим правильний підбір вискоєфективного теплообмінного устаткування багато в чому визначає продуктивність і економічність процесу в цілому з урахуванням сучасних актуальних вимог ресурсо- та енергозбереження об'єктів хімічних виробництв.



Таким чином, можна визначити, що у виробництві спирту знайдуть своє застосування більшість типів теплообмінних апаратів: традиційні паяні й розбірні, розбірні ширококанальні (рис. 1), спіральні (рис. 2), пластинчасті випарники і конденсатори.



Рис. 1. Ширококанальні теплообмінники в схемі попередньої обробки зерна.



Рис. 2. Спіральні теплообмінники в схемі попередньої обробки зерна.

Попередня обробка або відділення розварювання й оцукрювання сировини, схема якого представлена на рис. 3, складається з наступних технологічних операцій: дроблення й здрібнювання сировини; готування замісу; розварювання сировини; охолодження розвареної маси до температури оцукрювання; змішування розвареної маси з матеріалами для оцукрювання (ферментні препарати, солодове молоко); оцукрювання розвареної маси; охолодження сусла до початкової температури бродіння (температура «складки»).

На стадії попередньої обробки відбувається гідроліз сировини, яка утримує крохмаль, її проводять при нагріванні до високої температури. Зазвичай це здійснюється у два етапи. На першому (підварювання) заміс підігрівають до температури 90–95 °С, використовуючи для цього екстрапару. При цьому, щоб уникнути підвищення в'язкості, нагрівання здійснюють швидко, протягом 1–2 хвилин. Здрібнена сировина змішується з водою до вмісту сухих речовин у замісі 16–18 %. При цьому технологічні рідини на цій стадії обробки містять домішки у вигляді волокон, великих часток розмеленого зерна або сторонніх домішок.

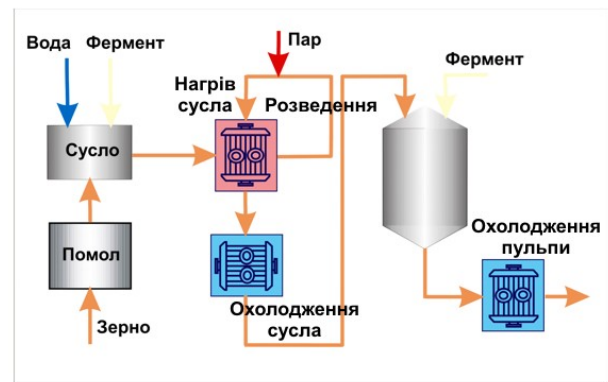


Рис. 3. Схема попередньої обробки зерна.

Для підігріву або охолодження таких рідин найбільш вигідно використовувати спіральні теплообмінники, що мають ефект самоочищення. Крім того, останнім часом має місце тенденція установки на цій позиції ширококанальних теплообмінників, які добре себе зарекомендували при виробництві спирту із цукрової тростини й бурячної меляси. У традиційній схемі виробництва охолодження розвареної маси здійснюється в осахарювачі за допомогою змієвиків або під вакуумом.

Охолодження сусла до початкової температури бродіння проводять або в теплообміннику типу «труба в трубі», або за допомогою установки під вакуумом. Охолодження під вакуумом дозволяє уникнути установки громіздких і металоемних теплообмінників «труба в трубі», однак вимагає значних капітальних і експлуатаційних витрат. Якісним і аргументованим рішенням [2011], на думку авторів, є установка на цій позиції спірального або ширококанального теплообмінника (рис. 4). Найбільш складний і енергоємний процес дистиляції або перегонки бражки й ректифікації спирту. Зріла бражка, що містить 8–10 % спирту, перекачується в брагоперегонний апарат. З енергетичної точки зору на цій стадії процесу за допомогою пари етанол відокремлюється від води, речовин, що не ферментуються, і продуктів вторинної ферментації. Кінцевий продукт роботи брагоперегонного апарата – одержання спирту сирцю й барди, що містить всі екстрактивні елементи й тверді зважені речовини. На більшості вітчизняних спиртових заводів застосовуються мідні одноходові вертикальні трубчасті теплообмінники, які використовують як конденсатори, спиртоуловлювачі, холодильники і підігрівники. Як дефлегматори застосовуються багатходові горизонтальні трубчасті теплообмінники. На всіх цих позиціях з успіхом використовуються пластинчасті теплообмінники, завдяки своїм властивостям – малий обсяг займаного простору, висока продуктивність і простота обслуговування, вони ефективно й стабільно працюють при конденсації спиртової пари із промивних, ректифікаційних і дегідратійних колон.

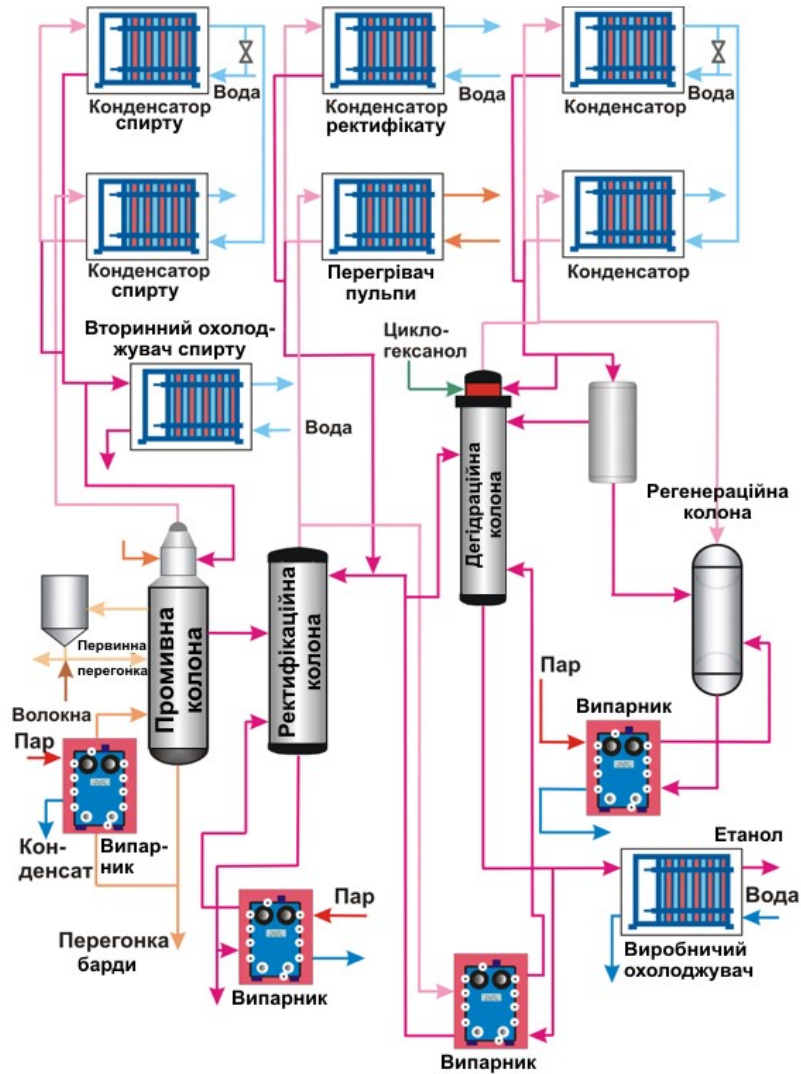


Рис. 4. Приклад схеми установки теплообмінників і випарників у процесі дистиляції

На першому (підварювання) заміс підігрівують до температури 90–95 °С, використовуючи для цього екстрапару. При цьому, щоб уникнути підвищення в'язкості, нагрівання здійснюють швидко, протягом 1–2 хвилин. Здрібнена сировина змішується з водою до вмісту сухих речовин у замісі 16–18 %.

При виконанні різновидів завдань дисципліни студенти закріплюють знання, отримані при вивченні теоретичного матеріалу, вивчають на практиці вплив технологічного режиму на ефективність досліджуваного процесу та проектування обладнання хімічних виробництв, поглиблюють знання про нього, удосконалюються в методах обробки результатів експериментальних досліджень, в тому числі із застосуванням методів вибору раціональних умов проведення технологічних процесів, що відповідає вимогам сучасної системи навчання. Також студенти навчаються користуватися нормативно-технічною та технологічною документацією на обладнання і продукцію; обирають

раціональні технологічні рішення – науково їх обґрунтовують; застосовують методи математичної обробки результатів та аналізу; прогнозують перебіг технологічних процесів; аналізують технологічні ситуації, рівень екологічної безпеки виробництв та інтенсифікації процесів ресурсо- і енергозбереження безвідходних виробництв

#### Ієрархія комплексних складові інноваційного навчання за дисципліною.

Рейтингове оцінювання, наприклад, індивідуального завдання у вигляді участі у комплексному інноваційному проекті дозволяє оцінити самостійну роботу студентів при його підготовці та реалізації на усіх рівнях виконання. При цьому критерієм є не тільки здатність студента працювати з науково-технічною літературою, але і його вміння аналізувати отримані розрахункові та аналітичні матеріали, використовувати їх для більш повного розкриття заданої теми, його здатність захистити представлену роботу. Звичайно, для ефективного використання рейтингової системи

необхідна безперервна, чітко організована перевірка всіх виконаних видів робіт, що дозволяє організувати процес оцінки знань студентів як безперервний з перших занять і до кінця семестру, при цьому важлива роль викладача, який повинен бути готовий витратити свій час на перевірку всіх видів, практично, індивідуальних робіт студентів.

Для успішного розв'язку поставлених завдань необхідно навчально-методичне забезпечення всіх запланованих контрольних заходів – РГЗ, контрольні роботи, питання до аналізу самостійних робіт, співпраця зі студентами інших ВНЗ при виконанні основних цілей комплексного проекту та ін. До навчально-методичного комплексу дисципліни входять: навчальна й робоча програми по дисципліні, семестрові календарні плани, опис рейтингової системи по дисципліні із вказівкою на види робіт, контрольних точок, балів за кожний вид робіт, контрольні завдання для поточного й підсумкового контролю знань по дисципліні, навчально-методичні рекомендації для викладачів і студентів за критеріями, які пов'язані із проведенням контролю, тематика індивідуальних домашніх завдань і вимоги до їхнього змісту й оформленню, матеріал поточного лекційного контролю за окремими темами дисципліни, навчально-методичні матеріали з організації самостійної роботи студентів, опубліковані й неопубліковані методичні розробки по даній дисципліні, у тому числі їх електронні версії, перелік використовуваних наочних матеріалів і технічних засобів навчання щодо контролю [1–5].

Зазвичай правильні дії студентів дозволяють реалізувати розумові здатності кожного в більш короткий термін, ніж при індивідуальній роботі, але захист роботи проходить в тій формі, яка дозволить перевірити вміння кожного студента діяти самостійно в аналогічних ситуаціях – захист у два етапи. Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти з додатковим творчими завданнями, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання.

Українська асоціація хімічної і харчової інженерії (CFE-UA); Sustainable Process Integration Laboratory (SPIL) NETME Centre; Faculty of Mechanical Engineering Brno University of Technology – VUT Brno, Czech Republik; АТ «Співдружність – Т». Українська асоціація хімічної і харчової інженерії являється структурно складовою частиною Європейської федерації хімічної інженерії (EFCE). Українська асоціація хімічної і харчової інженерії сприяє співробітництву з EFCE між некомерційними професійними науково-технічними товариствами для загального розвитку хімічної та харчової промисловості і як засіб сприяння їх розвитку.

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

Представлені можливості комплексного інноваційного навчання студентів можуть бути застосовані для різновидів галузей хімічної та харчової технології з урахуванням розвитку

Європейської Федерації Хімічної Інженерії. Основною метою діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» є вирішення питань розвитку хімічної та харчової промисловості та співпраці з Європейською Федерацією Хімічної Інженерії, участь та організація Українських та Міжнародних наукових конференцій, семінарів, симпозіумів, обмін науковими досягненнями, організація виставок, екскурсійних відвідувань наукових цінностей членів Організації – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів харчової та хімічної інженерії.

Велике значення у вирішенні цієї проблеми відводиться підготовці відповідної науково-технічної літератури, що пояснює схему та логіку прийняття конструкторських та технологічних рішень, що містить приклади та необхідні довідкові дані. прийняті на етапі конструкторські та взаємопов'язані подальші технологічні рішення можуть і повинні змінюватися, коригуватись у ході їх здійснення на виконавчій фазі провадження [1–5].

Швидкими темпами розвивається комп'ютерне проектування технологічних процесів і систем, але в області комп'ютерного проектування залишається ще багато не вирішених питань. спеціалістам-проектувальникам необхідно, перш за все, пізнати логіку прийняття технологічних рішень, представити труднощі та альтернативи вибору раціональних рішень з безлічі можливих. Це дозволить їм більш реалістично ставитися до результатів та можливостей комп'ютерного проектування та програмування, яке найчастіше виконується в режимі діалогу між людиною та комп'ютером. \

#### **Список літератури**

1. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. – [Чинний від 2003-12-08]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2005. 51 с.
2. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. Для студ. высш. учеб. заведений. Изд. Дом «Ин-Фолио», 2009. 640 с.
3. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
4. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». 201 с.
5. Бухкало С.І., Ігліч С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». 208 с.
6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
7. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні

- технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 217.
8. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнута М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, 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 «ХП». С. 342.
  9. Ситник В.В., Яценко Б.С., Бухкало С.І., Сирку М.А., Касьян А.С., Оса О.В. Визначення експериментальних властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х: НТУ «ХП». С. 343.
  10. Мальцева А.О., Бухкало С.І., Іглін С.П., та ін. Загальні умови процесів кристалізації цукру. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Х: НТУ «ХП», с. 233.
  11. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритми пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП», с. 249.
  12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
  13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects/2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
  14. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
  15. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160–166.
  16. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 72–80.
  17. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
  18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/cej/article/view/186442>.
  19. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
  20. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
  21. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
  22. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) / ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., ДЕНИСОВА А.Є., ДЕМИДОВ І.М., КАПУСТЕНКО П.О., АРСЕНЬЄВА О.П., БІЛОУС О.В., ОЛЬХОВСЬКА О.І. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 468 с.
  23. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 1719 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
  24. 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.
  25. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: 2014. № 16. С. 3–11.
  26. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Ольховська В.О., Зіпунніков М.М. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 66–74. doi: 10.20998/22204784.2019.15.12
  27. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi: 10.20998/22204784.2019.21.13
  28. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Зіпунніков М.М., Ольховська В.О., Сирку М.А. Аналіз можливостей регенерації етилового спирту у виробництві пектину. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 19–30. doi: 10.20998/22204784.2019.21.04
  29. Бухкало С.І. Технологічні об'єкти утилізації модифікації полімерної тари та пакування. Збірник наукових праць XVII міжнародної наукової конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових і хімічних виробництв» 38 вересня 2018, м. Одеса. С. 140–142.
  30. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.

## References (transliterated)

1. DSTU 3321\_2003 Sistema konstruktors'koï dokumentacii. Termini ta viznachennja osnovnih ponjat'. [Chinnij vid 2003-12-08]. Vid. of. K.: Derzhstandart Ukraïni, 2005. 51 p.
2. Cherepashkov A.A., Nosov N.V. Komp'juternye tehnologii, modelirovanie i avtomatizirovannye sistemy v mashinostroenii: Ucheb. Dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij. Izd. Dom «In-Folio», 2009. 640 p.
3. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah / Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.C., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hovs'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoï literaturi»: 2011, 832 p.
4. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti za studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18.05.2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 201 p.
5. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hovs'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti za studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 208 p.
6. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
7. Bukhhalo S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». 217 p.
8. Sirku M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannya kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 342.
9. Sitnik V.V., Jacenko B.S., Bukhhalo S.I., Cirku M.A., Kas'jan A.S., Osa O.V. Viznachennja eksperimental'nih vlastivostej sirovini u mezah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019: Ch. II / za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI», p. 343.
10. Mal'ceva A.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., ta in. Zagal'ni umovi procesiv kristalizacii cukru. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kharkiv: NTU «KhPI», p. 233.
11. Ol'hovs'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonmirmostej roboti obladannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
12. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 412 p.
13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects 2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – C. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
14. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17-19 maja 2017. Kh.: Ch. III, – p. 14.
15. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovs'ka O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak kompleksne innovacionnyh proektiv / S.I. Bukhhalo, A. V. Serikov, O.I. Ol'hovs'ka i dr. // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 160–166.
16. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovs'ka O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 72–80.
17. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/ejjet/article/view/186442>.
19. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
20. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoï literaturi»: 2018, 108 p.
21. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2 [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoï literaturi»: 2019, 108 p.
22. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.C., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hovs'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoï literaturi»: 2016, 468 p.
23. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17–19.05.17. Kh.: p. 14.
24. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Himich O.Ju. i dr. Primenenie matematiceskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predpriyatij po pererabotke othodov. Visnik NTU «KhPI». Kh., 2012, No. 10, pp. 74–78.
25. Bukhhalo S.I. Udoskonajuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». H.: NTU «KhPI». 2014. № 16. – pp. 3–11.
26. Bukhhalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Ol'hovs'ka V.O., Zipunnikov M.M. Doslidzhennja ta analiz innovacijnih zahodiv z tehnologii kompleksnoi utilizacii pisljaspirtovoï bardi. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – No. 15(1340). pp. 66–74. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.12
27. Bukhhalo S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologii modifikovanih krohmaliv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13

28. Bukhhalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Zipunnikov M.M., Ol'hovs'ka V.O., Sirku M.A. Analiz mozhlivostej regeneracii etilovogo spirtu u virobniactvi pektinu. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 19–30. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.04

29. Bukhhalo S.I. Tehnologichni ob'ekti utilizacii-modifikacii polimernoї tari ta pakuvannja. Zbirnik naukovih prac' XVII mizhnarodnoї naukoivoї konferencii

«Udoskonalennja procesiv i obladnannja harchovih i himichnih virobniactv» 3–8 veresnja 2018, m. Odesa. pp. 140–142.

30. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. Visnik NTU «KhPI». 2015. No. 7 (1116), pp. 103–108.

Надійшла (received) 19.05.2021

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

**Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhhalo Svetlana Ivanovna)** – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com

**С. И. БУХКАЛО**

**КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ ИЗЛОЖЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ КАК СОТРУДНИЧЕСТВО АССОЦИАЦИЙ EFCE и CFE-UA**

В материалах статьи рассмотрены возможности для определения целей обучения студентов ВУЗов с целью дальнейшей разработки составляющих комплексных проектов. При написании статьи использован опыт преподавания дисциплины «Основы проектирования оборудования химических производств» в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» на кафедре интегрированных технологий, процессов и аппаратов в 2022 г. Комплексные системы определения составляющих дисциплины обусловили компетентности и качество материала рассматриваются пропущенные через призму собственного творческого восприятия, что делает материал особенно ценным. Разработки проведены с применением современных высокоэффективных научно-обоснованных процессов и аппаратов химических и пищевых производств, например от разновидностей анализа классификации-идентификации, общих понятий и требований проектирования разновидностей оборудования химических производств до выбора алгоритмов расчетов на разных стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации. Представлены примеры и некоторые особенности возможных решений обучения, основанные на экспериментальных данных разработки механизмов идентификации-классификации процессов и их научного обоснования в виде объектов интеллектуальной собственности.

**Ключевые слова:** основы проектирования, химические производства и оборудование, комплексные инновационные проекты, обоснованные методы обучения студентов.

**S. I. BUKHKALO**

**COMPLEX SYSTEMS OF TEACHING THE DISCIPLINE FUNDAMENTALS OF CHEMICAL INDUSTRY EQUIPMENT DESIGN AS A COLLABORATION OF EFCE and CFE-UA ASSOCIATIONS**

The materials of the article consider the possibilities for determining the educational goals of university students in order to further develop the components of complex projects. When writing the article, the experience of teaching the discipline "Fundamentals of chemical production equipment design" at the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" at the Department of Integrated Technologies, Processes and Devices in 2022 was used. Complex systems for determining the components of the discipline determined the competence and quality of the material, and the question that viewed through the prism of one's own creative perception, which makes the material especially valuable. Developments are carried out using modern, highly effective scientifically based processes and devices of chemical and food industries, for example, from types of classification-identification analysis, general concepts and design requirements of types of equipment of chemical industries to the selection of calculation algorithms at various stages of design, manufacture and operation. Examples and some features of possible training solutions are presented, which are based on experimental data of the development of process identification-classification mechanisms and their scientific justification in the form of intellectual property objects.

**Keywords:** basics of design, chemical production and equipment, complex innovative projects, scientifically based methods of teaching students.

**О. О. БРОВАРНИК, В. В. ОВСЯНИКОВ**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕРЕДОВИЩА КЕРУВАННЯ ДАНИМИ ТА ОЦІНКА ЧАСУ ПЕРЕДАЧІ ВЕЛИКИХ НАБОРІВ ДАНИХ**

У статті розглядається задача оцінювання часу передачі великих наборів даних через розподілене середовище керування даними на основі самостійно створеної моделі нейронної мережі та дослідження властивостей цього середовища за допомогою методів статистичного аналізу. Для початкового аналізу отримано метадані для успішних передач файлів в системі, трансформовано та виділено змінні, які впливають на час передачі файлів. Під час аналізу використані різні вибірки, щоб перевірити, чи схожі результати в усіх наявних даних. Застосовано методи кореляційного, регресійного аналізу для дослідження середовища. Виявлено, що не існує чіткої кореляції між часом передачі та одним з вхідних параметрів. Час передачі файлу залежить від ряду зовнішніх факторів, які неможливо отримати за допомогою метаданих, але можливо частково дослідити середовище використовуючи отримані метадані. Використано модель на основі двох вхідних рівнів для числових та категоріальних змінних, а потім об'єднаних в одну гілку. Для зображення результатів передбачення використовуються показники RMSE та діаграма розсіювання для порівняння цільових та передбачених значень. Проведені розрахунки показують задовільні результати передбачень;

**Ключові слова:** дослідження властивостей; оцінка часу передачі; методи статистичного аналізу; аналіз даних; регресія; кореляція; нейронна мережа.

**Вступ.** Середовище керування даними наукових експериментів утворює складну екосистему з динамічною взаємодією між користувачами та центрами обробки даних. Точність прогнозів моделі обмежена кількістю системних даних на момент прогнозування та стохастичними процесами, що відбуваються в окремих частинах системи. Центральна роль Rusio як системи керування даними, а також велика кількість інформації про передачі та життєвий цикл правил даних, яку вона збирає, можуть допомогти створити алгоритм машинного навчання для оцінки часу передачі.

Було розглянуто відомі дослідження команди розробників Rusio, в яких проведені дослідження властивостей середовища та оцінювалася тривалість передачі великої кількості файлів для наукових досліджень [1-5]. У цій статті розглядається проблема ідентифікації факторів, що впливають на процеси в різних системах. Зазвичай такі задачі вирішуються методами кореляційного, регресійного, факторного та компонентного аналізу.

Основним завданням кореляційного аналізу є визначення зв'язку між випадковими величинами, оцінка його інтенсивності та спрямованості [6, с. 56]. Отже, відповідні коефіцієнти кореляції показують величину зв'язків між ознаками.

Завданням регресійного аналізу є створення моделі, яка дозволяє оцінити значення залежної змінної на основі значень незалежних показників. Регресійний аналіз є основним інструментом для вивчення показників взаємозв'язку між різними змінними [6, с. 68].

Кореляційно-регресійний аналіз використовують для розв'язання задач в різноманітних галузях, таких як економіка, соціологія, статистика, географія, демографія та інші [7-10].

Багато робіт, присвячених задачам регресійного аналізу, використовують нейронні мережі, як метод розв'язання [11,12,13].

**Метою роботи** є проведення дослідження даних подій середовища Rusio, визначення нового підходу в реалізації моделі нейронної мережі для оцінювання часу передачі великих наборів даних.

**Постановка задачі.** Основною метою дослідження є аналіз роботи середовища Rusio з використанням інформації про передачу даних та створення нейронної мережі для розрахунку часу передачі файлу методом регресійного аналізу.

Історично задача регресії використовувалася при дослідженні впливу однієї групи безперервних випадкових величин на іншу групу безперервних величин.

У класичній задачі відтворення регресії навчальна вибірка – це набір незалежних об'єктів  $X = \{x_i\}_{i=1}^n$ , визначених вектором дійсних ознак  $x_i = (x_{i,1}, \dots, x_{i,d})$ . Потрібно створити алгоритм (регресор), який за вектором ознак  $x$  повернув би точкову оцінку значення регресії  $\hat{t}$ , довірчий інтервал  $(t_-, t_+)$  або апостеріорний розподіл на безлічі значень регресійної змінної  $p(t|x)$ .

**Підготовка даних.** Для дослідження середовища Rusio та навчання нейронної мережі були зібрані метадані про успішні передачі файлів за один місяць (приблизно 20 мільйонів записів), які знаходились у форматі JSON. Ці дані було конвертовано у формат CSV за допомогою методів бібліотек PySpark та Pandas мови програмування Python. Із всіх доступних даних створено вибірки об'ємом від 10 тисяч до 2 мільйонів, щоб перевірити, чи схожі результати в усіх наявних даних та полегшити навантаження на апаратну частину під час дослідження. Побудувавши кореляційну таблицю (табл. 1) було визначено, що залежність між часом передачі файлів та розміром файлів становить лише 36%, тому потрібно визначити додаткові змінні, які впливають на час передачі файлів.

© Броварник О.О., Овсяніков В.В., 2022

Було виділено 4 змінні в форматі часу, а саме: час створення запиту на трансфер, час підтвердження, час початку трансферу та час закінчення. Використовуючи ці змінні, розраховано час передачі файлів та час перебування файлів у черзі на передачу.

Додатковим кроком, було введено нову змінну (стовпець), яка охарактеризувала розділ файлів за розміром на окремі категорії (<100 Мб, 100-200 Мб, ...) що були ідентифіковані, базуючись на аналізі типових значень розміру файлів з набору даних.

Під час дослідження було з'ясовано, що деякі файли можуть знаходитися в черзі на передачу до 3 днів, а передаватися менше 1 хвилини. Тому введено змінну було використано лише для проведення кореляційного аналізу. Спираючись на графік залежності між часом початку передачі та часом закінчення (рис. 1), можна зробити висновок, що файли передаються не миттєво, а в залежності від розміру та інших характеристик. Також на рисунку можна побачити, як файли передаються в невеликих групах. Провівши перевірку змінних за допомогою

кореляційного аналізу та численних експериментів з підстановкою різноманітних наборів змінних до нейронної мережі, залишено лише 7 змінних, які найбільше впливають на точність оцінювання часу передачі. Залишені змінні:

- «Account» - назва аккаунту від якого був запит на трансфер;
- «Activity» - діяльність з якою пов'язаний трансфер;
- «Score» - область застосування;
- «Dst\_Rse» - місце, куди передається файл;
- «Src\_Rse» - місце, звідки передається файл;
- «Bytes» - розмір файла в байтах;
- «Transfer\_Duration» - час передачі файлів.

Проведена стандартизація числових даних використовуючи метод StandardScaler з бібліотеки машинного навчання scikit-learn.

Кодування категоріальних даних в числовий масив проведено за допомогою методу OneHotEncoding з бібліотеки машинного навчання scikit-learn.

Таблиця 1. Кореляційна таблиця

	Bytes	Transfer_Duration	Sec_Created_At	Sec_Submitted_At	Sec_Started_At	Sec_Transferred_At	Queue_Duration
Bytes	1.0	0.36	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09
Transfer Duration	0.36	1.0	0.04	0.04	0.04	0.04	0.12
Sec Created At	0.07	0.04	1.0	0.99	0.99	0.99	0.03
Sec Submitted At	0.07	0.04	0.99	1.0	0.99	0.99	0.03
Sec Started At	0.07	0.0	0.99	0.99	1.0	1.0	0.05
Sec Transferred At	0.07	0.0	0.99	0.99	1.0	1.0	0.05
Queue Duration	0.09	0.12	0.03	0.03	0.05	0.05	1.0

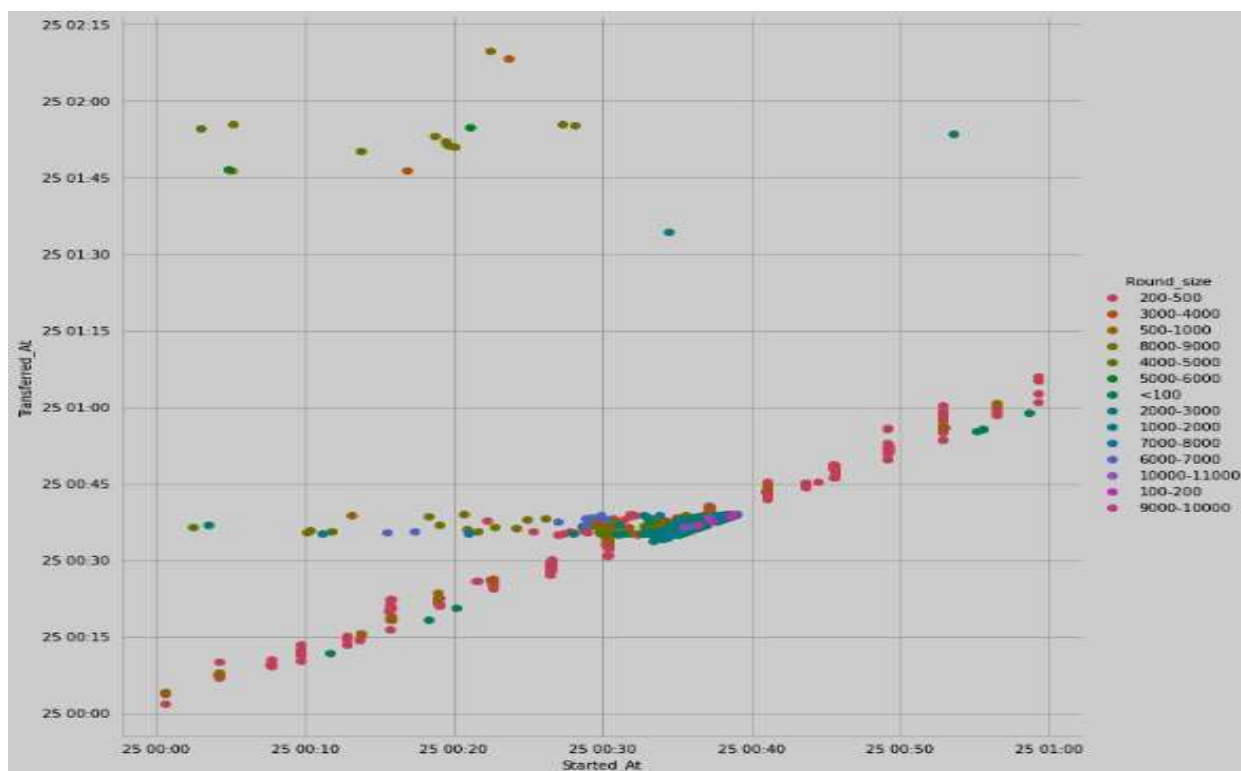


Рис. 1. Залежність між підтвердженням запиту та початком передачі



### Програмна реалізація.

Під час вивчення даних було вирішено створити нейронну мережу з 2 вхідними шарами та 1 вихідним типом перцептрон. Між ними є кілька шарів, в яких нейрони зменшуються послідовно, і шар, де дві гілки мережі об'єднуються в одну гілку. Схема нейронної мережі зображена на рис. 2.

Використовується функція активації «ReLU», а для останнього шару – функція «Linear».

Використання двох гілок обумовлено використанням числових і категоріальних даних. На вхід лівої гілки подаються категоріальні дані, а на вхід правої подаються числові дані.

Використані гіперпараметри для даної мережі:

- автоматично визначена кількість вхідних сигналів залежно від використовуваного фрейму даних;

- 1 вихідний сигнал;
- кількість епох навчання 200;

- кількість екземплярів тренувальної вибірки, що надходять на вхід за раз, становить 512;
- коефіцієнт навчання дорівнює 0,001;
- оптимізатор - метод оптимізації функції втрат "Adam";
- функція втрат - середня абсолютна похибка.

Підбір значень гіперпараметрів проводився експериментальним шляхом. Компіляція моделі проведена з оптимізатором – «Adam», та функцією втрат – «mean\_absolute\_error». Мережа навчена за допомогою методу зворотного виклику:

- EarlyStopping (patience = 50) – припинити тренування, коли показник, що відстежується, протягом 50 періодів не покращується;
- ReduceLROnPlateau(factor = 0.5, patience = 20) – зменшення швидкість навчання на коефіцієнт 0.5, коли метрика протягом 20 періодів не покращується.

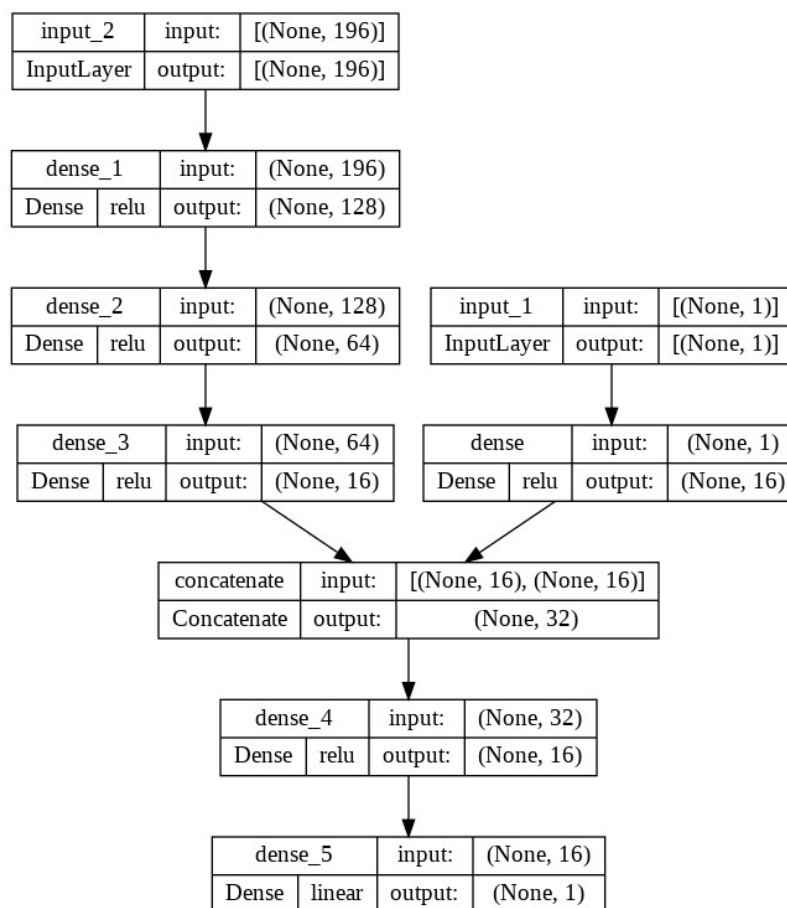


Рис. 2. Схема нейронної мережі

### Результати передбачення.

На рис. 3 представлено графіки функції втрат, де графік 1 – це значення валідаційних даних, а графік 2 – значення тренувальних даних. На рис. 4 діаграму розсіювання де крапки – це тренувальні дані, а трикутники - це тестові дані, з яких можна зробити висновок, що алгоритм обробляє тестові дані майже з такою ж точністю, як і тренувальні. Це означає, що

під час тренування перцептрону вдалося уникнути перенавчання та алгоритм адекватно працює з іншими даними.

Значення метрик оцінки показані в табл. 2. Було прийнято рішення взяти RMSE як основну міру, оскільки вона має ті самі одиниці, що й вихідні значення (на відміну від MSE), і її легко

інтерпретувати. Метрика також працює з малими абсолютними значеннями, що корисно для комп'ютерних розрахунків.

Таблиця 2. Значення метрик не згрупованих даних

R2 val	0.656
R2 train	0.753
R2 test	0.799
Max error	1521.351
MAE	47.897
RMSE	142.526

Під час дослідження було визначено, що дані групуються перед передачею, тому було прийнято рішення згрупувати файли по середньому значенню і перевірити відгук нейронної мережі.

Після перевірки, знову було побудовано графік

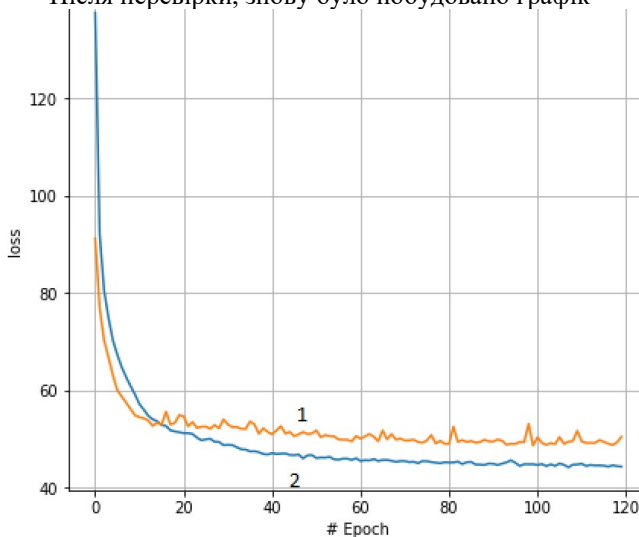


Рис. 3. Графік функції втрат

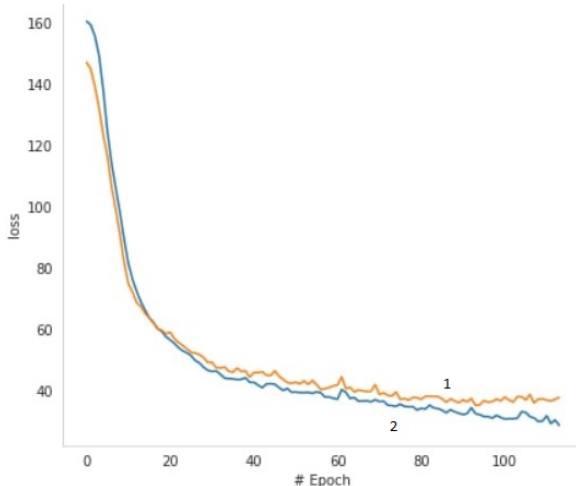


Рис. 5. Графік функції втрат для згрупованих даних

функції втрат (рис. 5) і діаграму розсіювання (рис. 6). Функції втрат для тренувальних та тестових даних майже збігаються (рис. 5), а значення на діаграмі розсіювання близькі до діагоналі, що означає, що передбачені значення близькі до цільових. Метрика RMSE має значення 59.9, MAE – 29.7, а R2 для тестових даних – 93% (табл. 3).

Таблиця 3. Значення метрик згрупованих даних

R2 val	0.841
R2 train	0.915
R2 test	0.932
Max error	250.334
MAE	29.716
RMSE	59.906

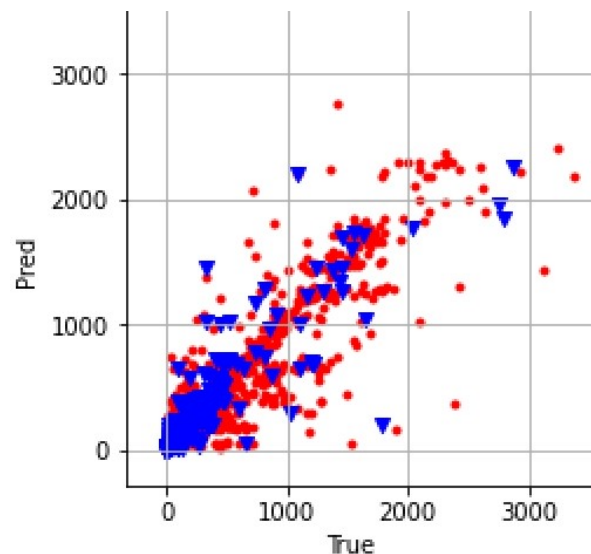


Рис. 4. Графік розсіювання

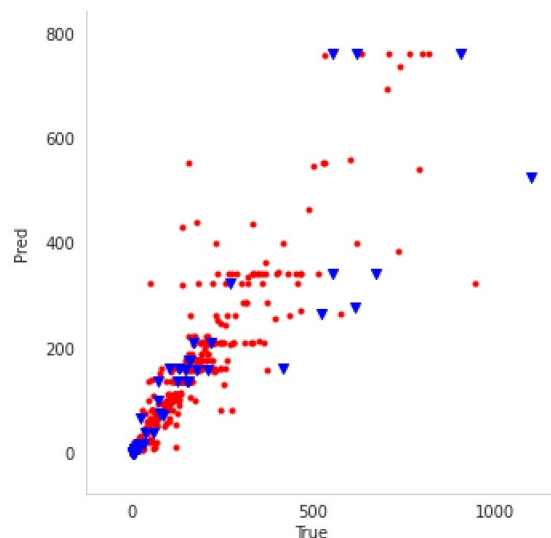


Рис. 6. Графік розсіювання для згрупованих даних

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розробок у даному напрямку.**

Було проведено дослідження даних подій середовища Rusio, вивчено властивості та поведінку

середовища Rucio та створено програмне забезпечення для розрахунку часу передачі великих наборів даних за допомогою нейронних мереж.

Проаналізувавши дані стосовно часу передачі файлів, виявлено, що не існує чіткої кореляції між часом передачі та одним з вхідних параметрів. Час передачі файлу залежить від ряду зовнішніх факторів, які неможливо отримати за допомогою метаданих, але за допомогою отриманих даних можливо частково дослідити середовище керування розподіленою інформацією.

Була побудована модель нейронної мережі для прогнозування часу передачі файлів на основі метаданих передачі. Визначено, що при використанні згрупованих файлів під час навчання нейронної мережі значно покращуються результати оцінювання, показники  $R2\_score$  збільшується до 93%, а RMSE зменшується до 59.9. Отриманий показник є цілком задовільним.

#### Список літератури

1. Barisits, M., Beermann, T., Berghaus, F. (2019), "Rucio: Scientific Data Management, Springer CSBS", doi: <https://doi.org/10.1007/s41781-019-0026-3>
2. Bogado J., Lassnig M., Monticelli F., Diaz J., Beermann T. (2020), Zenodo, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4320937>
3. Lassnig M., Toler W., Vamosi R., Bogado J. (2017), Journal of Physics: Conference Series 898, 062009, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/898/6/062009>
4. Begy V., Barisits M., Lassnig M., Schikuta E. (2020), Journal of Computational Science 44, 101158, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2020.101158>
5. Bogado J., Monticelli F., Diaz J., Lassnig M., Vukotic I. IEEE 14th International Conference on e-Science. 2018, pp. 334–335.
6. Руденко В. М., Математична статистика: навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 304 с.
7. Бараз В.Р., Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel / Бараз В.Р. – Екатеринбург, 2005. – 103с
8. Гайдаєнко О.М., Факторний аналіз ефективності використання основних засобів на прикладі ПАТ «Одескабель» [Електронний ресурс] – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://dSPACE.oneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/4685>
9. Харченко Ю.А., Кореляційно-регресійний аналіз обсягів збуту продукції промислового підприємства / Ю.А. Харченко // Економічний простір. – 2014. – № 86. – С. 214–223.
10. Настенко Є. А., Якимчук В. С., Носовець О. К., Інтелектуальний аналіз даних: методичні вказівки до виконання комп'ютерних практикумів з навчальної дисципліни «Інтелектуальний аналіз даних». Частина-1. «Кореляційний та регресійний аналіз медичних даних». – К.: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2017. – 51 с.
11. Енгальч Г. А. (2019), Методы решения задачи регрессии. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://dSPACE.spbu.ru/bitstream/11701/25903/1/document.pdf>
12. A Walk-through of Regression Analysis Using Artificial Neural Networks in Tensorflow, available at: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/08/a-walk-through-of-regression-analysis-using-artificial-neural-networks-in-tensorflow/>
13. Asadujjaman, Md & Supto, Mushfiqur. Implementation of Artificial Neural Network on Regression Analysis (2021), doi: <https://doi.org/10.1109/SMC53803.2021.9569881>

#### References (transliterated)

1. Barisits, M., Beermann, T., Berghaus, F. (2019), "Rucio: Scientific Data Management, Springer CSBS", doi: <https://doi.org/10.1007/s41781-019-0026-3>
2. Bogado J., Lassnig M., Monticelli F., Diaz J., Beermann T. (2020), Zenodo, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4320937>
3. Lassnig M., Toler W., Vamosi R., Bogado J. (2017), Journal of Physics: Conference Series 898, 062009, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/898/6/062009>
4. Begy V., Barisits M., Lassnig M., Schikuta E. (2020), Journal of Computational Science 44, 101158, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2020.101158>
5. Bogado J., Monticelli F., Diaz J., Lassnig M., Vukotic I. IEEE 14th International Conference on e-Science. 2018, pp. 334–335.
6. Руденко, В. М. Математична статистика: навч. посіб. – К.: Тсентр учбової літератури, 2012. – 304 с.
7. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel / Бараз В.Р. – Екатеринбург, 2005. – 103 п.
8. Haydayenko O.M. (2016), Faktornyy analiz efektyvnosti vykorystannya osnovnykh zasobiv na prykladi PAT «Odeskabel» available at: <http://dSPACE.oneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/4685>
9. Kharchenko YU.A. Korelyatsiyno-rehresiyunnyy analiz obsyahiv zbutu produktsiyi promyslovoho pidpryyemstva / YU.A. Kharchenko // Ekonomichnyy prostir.– 2014. –№ 86. – pp. 214–223.
10. Nastenko YE. A., Yakymchuk V. S., Nosovets' O. K., Intelktual'nyy analiz danykh: metodychni vkazivky do vykonannya komp'yuternykh praktykumiv z navchal'noyi dystsypliny «Intelktual'nyy analiz danykh». Chastyna-1. «Korelyatsiynny ta rehresiyunnyy analiz medychnykh danykh». – K.: NTU «KPI im. I. Sikors'koho», 2017. 51 p.
11. Yenhalych H.A. (2019), Metody resheniya zadachi regressii. available at: <https://dSPACE.spbu.ru/bitstream/11711/25903/1/document.pdf>
12. A Walk-through of Regression Analysis Using Artificial Neural Networks in Tensorflow, available at: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/08/a-walk-through-of-regression-analysis-using-artificial-neural-networks-in-tensorflow/>
13. Asadujjaman, Md & Supto, Mushfiqur. Implementation of Artificial Neural Network on Regression Analysis (2021), doi: <https://doi.org/10.1109/SMC53803.2021.9569881>

Надійшла (received) 21.10.2022

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

**Броварник Олексій Олексійович (Броварник Алексей Алексеевич, Brovarnyk Oleksii Oleksiiovych)** – студент 6 курсу НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна;

**Овсяніков Владислав Валерійович (Овсяников Владислав Валерьевич, Ovsianikov Vladyslav Valerievich)** – аспірант кафедри комп’ютерного моделювання процесів та систем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**O. O. BROVARNYK, V. V. OVSIANIKOV**

**DATA MANAGEMENT ENVIRONMENT PROPERTIES INVESTIGATION AND TIME ESTIMATION OF LARGE DATA SET TRANSFER**

The article considers the task of estimating the time of transmission of large data sets through a distributed data management environment based on a self-created neural network model and investigating the properties of this environment using statistical analysis methods. For the initial analysis, metadata for successful file transfers in the system was obtained, variables that affect file transfer time were transformed and highlighted. Different samples were used in the analysis to check whether the results were similar across the available data. The methods of correlation and regression analysis are applied for the study of the environment. It was found that there is no clear correlation between the transmission time and one of the input parameters. The file transfer time depends on a number of external factors that cannot be obtained using metadata, but it is possible to partially investigate the environment using the obtained metadata. A model based on two input levels for numerical and categorical variables was used and then combined into one branch. RMSE metric value and a scatter plot are used to display the prediction results to compare the target and predicted values. The performed calculations show satisfactory prediction results;

**Keywords:** research of properties, transmission time estimation, methods of statistical analysis, data analysis, regression, correlation, neural network.

**O. O. БРОВАРНИК, В. В. ОВСЯНИКОВ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СРЕДЫ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ И ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ПЕРЕДАЧИ БОЛЬШИХ НАБОРОВ ДАННЫХ**

В статье рассматривается задача оценки времени передачи больших наборов данных через распределенную среду управления данными на основе самостоятельно созданной модели нейронной сети и исследования свойств этой среды с помощью методов статистического анализа. Для начального анализа получены метаданные для успешной передачи файлов в системе, трансформированы и выделены переменные, которые влияют на время передачи файлов. При анализе использованы различные выборки для проверки, похожи ли результаты во всех имеющихся данных. Используются методы корреляционного, регрессионного анализа для исследования среды. Обнаружено, что нет четкой корреляции между временем передачи и одним из входных параметров. Время передачи файла зависит от ряда внешних факторов, которые невозможно получить с помощью метаданных, но можно частично исследовать среду используя полученные метаданные. Использована модель на основе двух входных уровней для числовых и категориальных переменных, затем объединенных в одну ветвь. Для изображения результатов предсказания используются RMSE и диаграмма рассеяния для сравнения целевых и предсказанных значений. Произведенные расчеты показывают удовлетворительные результаты предсказаний;

**Ключевые слова:** исследование свойств, оценка времени передачи, методы статистического анализа, анализ данных, регрессия, корреляция, нейронная сеть.

**І. О. БАГМУТ, В. С. ФІГУРСЬКА**

## **РОЗРОБКА ТА ПОРІВНЯННЯ МОДЕЛЕЙ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З МЕТОЮ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ**

Дана робота присвячена вирішенню задачі автоматичного визначення географічного положення ґрунтів, що виявляють ознаки деградації. У роботі проведено детальне дослідження існуючої літератури за тематикою, розглянуто алгоритми та підходи вирішення задачі та їх переваги і недоліки, а також запропоновано критерії оцінки та базовий алгоритм для порівняння з результатами подальших досліджень та експериментів. Такий підхід забезпечує адекватну оцінку якості розробки програмних засобів сегментації зображень. Оскільки алгоритми машинного навчання потребують попередньої обробки даних, а також існують певні особливості роботи із супутниковими зображеннями, розроблена низка функцій, які надалі можуть використовуватись такими алгоритмами. Результатом роботи є розроблений програмний пакет завантаження та передобробки супутникових зображень, а також тренування і оцінки моделей глибокого навчання.

**Ключові слова:** дистанційне зондування, сегментація зображень, глибоке навчання.

This work is devoted to solve the problem of automatic determination of the geographic location of soils showing signs of degradation. The work carried out a detailed study of the existing literature on the subject, considered algorithms and approaches to solving the problem and their advantages and disadvantages, as well as proposed evaluation criteria and a basic algorithm for comparison with the results of further research and experiments. This approach provides an adequate assessment of the quality of image segmentation software development. Since machine learning algorithms require pre-processing of data, and there are also certain features of working with satellite images, a number of functions have been developed that can be used by such algorithms in the future. The result of the work is a developed software package for downloading and processing satellite images, as well as training and evaluation of deep learning models.

**Key words:** remote sensing, image segmentation, deep learning.

### **Вступ.**

Ерозія та деградація ґрунтів є все більшою проблемою з екологічної, економічної та соціальної точок зору. Раннє виявлення ерозії ґрунту може допомогти вирішити цю проблему та вжити заходів, необхідних для запобігання подальшій деградації. На сьогодні немає рішення, яке б автоматично надійно виявляло таке явище із високим ступенем точності. Існують супутникові знімки з достатньою роздільною здатністю для виявлення польових аномалій, що можуть бути застосовані для виявлення полів з еродованими та деградованими ділянками. Методи сегментації зображень удосконалюються з розвитком машинного та глибокого навчання. У порівнянні з класичними методами комп'ютерного зору, алгоритми машинного навчання, як правило, надають набагато кращі та точніші результати в цьому завданні. Емпіричні фізичні моделі також використовуються, однак, як самостійний інструмент для оцінки ерозії ґрунтів, такі підходи зазвичай проблематичні для практичного використання.

Попри всі дослідницькі зусилля, не існує агрегованих глобальних джерел даних і продуктів, які б дозволили визначити та локалізувати еродовані та схильні до деградації ділянки ґрунту через динамічний характер процесу, необхідність людського нагляду для оцінки точності прогнозів та специфіки конкретної території. Таким чином, метою даної роботи є дослідження потенціалу узагальнених підходів сегментації зображень для виявлення ерозії ґрунтів. Основні результати роботи викладені в [1].

### **Формальна постановка задачі.**

Задача полягає у розробці алгоритму сегментації зображень супутникових зображень (Sentinel-2). Конкретніше, необхідно визначити на

супутниковому зображенні області пікселів, які виявляють ознаки ерозійних процесів (низька рослинність, невластива текстура поля, значне відхилення кольору ґрунту, тощо). Алгоритм повинен класифікувати усі пікселі вхідного зображення на два класи: нормальний ґрунт та ґрунт з ознаками деградації. В тому числі алгоритм не повинен виявляти з мінімальною ймовірністю ерозію на ділянках, що не є ґрунтами (водні об'єкти, дороги, урбанізовані ділянки).

В якості вхідних даних (рис. 1) алгоритм може приймати будь-який набір доступних смуг зображень Sentinel-2, на виході алгоритм повинен повернути растрове бінарне зображення, де одиниця відповідатиме пікселям, що проявляють ознаки ерозії, та нуль - пікселям, що не зазнали ерозії або не відносяться до агрокультурних ділянок взагалі.

Sentinel-2 – це європейська місія з широкого спектру зображення з високою роздільною здатністю [2]. Продуктами обробки даних сенсорів, що знаходяться на супутниках-близнюках цієї місії, є 13 спектральних зображення в різних діапазонах та різної роздільної здатності: чотири смуги – 10 м на піксель, шість смуг – 20 м на піксель і три смуги з просторовою роздільною здатністю 60 м на піксель.

В якості порівняльного алгоритму використовується сегментація шляхом кластеризації пікселів. Таке порівняння із простим алгоритмом дає можливість адекватної оцінки показників та метрик розробленого алгоритму. Мануально створений набір анотованих ділянок еродованого ґрунту використовується частково як дані для тренування, валідації та тесту.

© Багмут І.О., Фігурська В.С., 2022



Рис. 1. Приклади вхідного зображення Sentinel-2:  
а – TCI смуга; б – зображення із анотованими векторними зображеннями деградованих ділянок

Анотація відбувалась з допомогою супутникових зображень PlanetScope, тому певні відхилення при використанні інших супутникових зображень може мати місце. Набір складається з 11 прямокутних ділянок, на яких позначені сегменти агрокультурних ґрунтів, де відбувається деградація. Дані збережені у вигляді векторної графіки. Існуючий набір даних включає ділянки Харківської області, Україна, а саме у Богодухівському, Валківському, Дергачевському, Золочевському, Коломацькому, Краснокутському, Люботинському, Первомайському, Печенежському, Харківському та Чугуєвському районах. Головний показник та вимоги до алгоритму – сегментація еродованих ділянок із показником IoU не менше 0.7 на тестовій ділянці.

**Попередні дослідження.** RUSLE використовувався в кількох роботах [3, 4]. Основна проблема такого підходу полягає в тому, що це рівняння вимагає знати багато емпіричних змінних, пов'язаних із типом ґрунту (коефіцієнт ерозійності), даними про висоту (довжина схилу, коефіцієнти крутизни схилів), дані про кількість опадів та фактор рослинного покриву (С-фактор), які самі змінюються та періодично підлягають корекції.

Підводячи підсумок, можна сказати, що найбільш надійними та точними є моделі, засновані на фізиці, але їх важко змоделювати через необхідність широкого точного оновлення фізичних властивостей ґрунту, з іншого боку, емпіричні моделі менш точні, але вимагають набагато менш ретельних вимірювань. Вибраний підхід є скоріше поєднанням фізичного із міцною основою емпіричного підходу.

Доступність даних супутникових знімків прискорила подальші дослідження методів дистанційного оцінювання факторів у цьому рівнянні. Більше того, більшість супутників фіксують спектр довжин хвиль далеко за межами видимого світла, і користувачі можуть легко отримати доступ до гіперспектральних або мультиспектральних зображень.

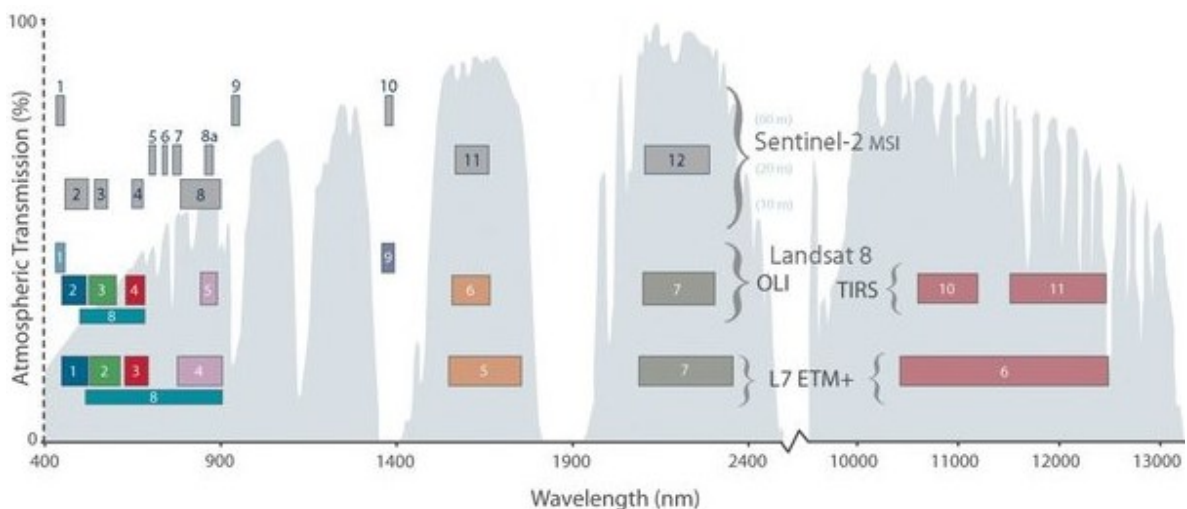


Рис. 2. Порівняння Landsat 7 та 8 каналів із Sentinel 2 [5]

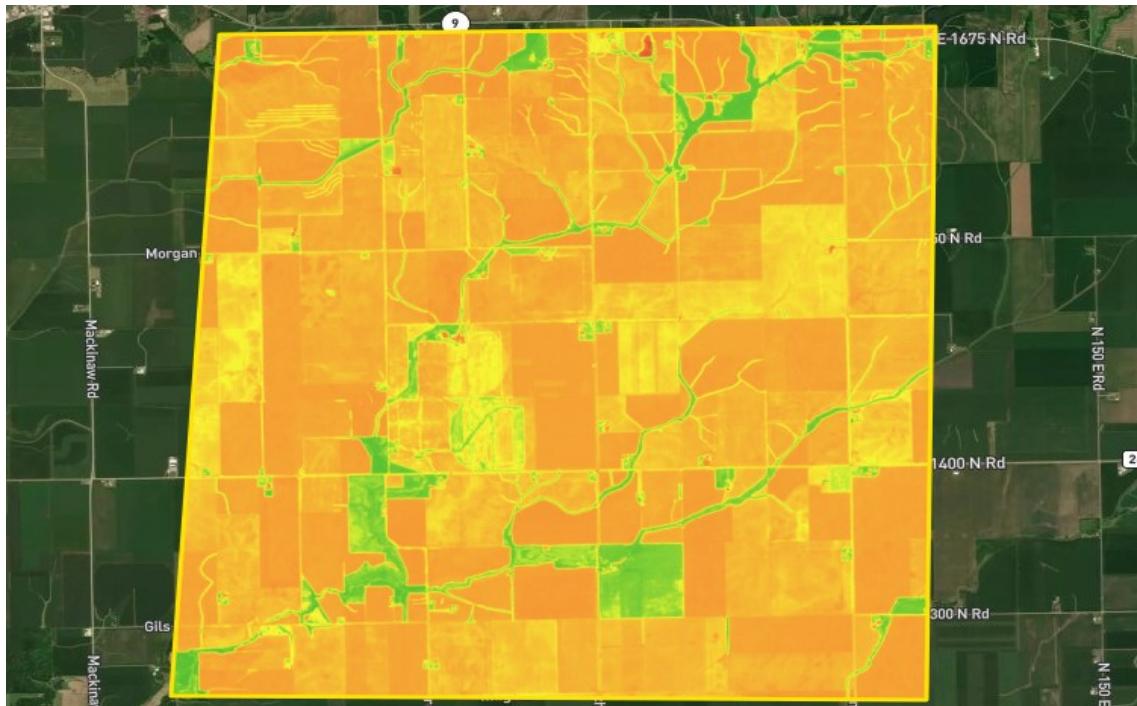


Рис. 3. Приклад растрового зображення NDVI [7]

Численні місії NASA доступні до цього дня. Особливий інтерес для ґрунтознавства становлять супутникові зображення середньої та високої роздільної здатності, наприклад, отримані за допомогою спектрорадіометра із зображенням середньої роздільної здатності (MODIS), програм Landsat та Sentinel. Ці програми забезпечують різну роздільну здатність до 10 метрів на піксель.

З фізики спектроскопії відомо, що різні молекули по-різному взаємодіють з електромагнітним випромінюванням (ЕМВ) залежно від частоти (тому й довжини хвилі). Лише цей факт можна використати для визначення вмісту матеріалів і поверхонь, включаючи ґрунти та рослинні покриви Землі. Існують деякі проблеми з прямим відбиттям від поверхні до точного хімічного складу:

1. Неминучий шум у сигналах;
2. Вплив і перешкоди кількох джерел ЕМВ.

Порівняння спектрів випромінювання різних супутників надано на рисунку 2. Фахівці можуть визначити ділянки ерозії ґрунту, хоча для забезпечення достовірності оцінки необхідні вимірювання та спостереження безпосередньо на місці її виникнення. Отже, зростає потреба в автоматичному виявленні деградації ґрунту. Для зменшення шуму при збереженні корисних сигналів відбиття опромінення молекулами води, ґрунту та рослинності були запропоновані численні спектральні індекси відбиття. Серед найбільш корисних і часто застосовуваних є нормалізований індекс різниці рослинності (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) [6], який дозволяє приводити коефіцієнти відбиття від червоних і ближніх інфрачервоних спектрів (як правило, представлені в

цифровій формі в діапазонах від 300 до 10000 в залежності від рівня попередньої обробки постачальником супутникових зображень) у простий діапазон від -1 до 1, на рисунку 3 представлені приклади типових NDVI, де 1 відповідає яскраво-зеленому кольору, -1 відповідає темно-помаранчевому кольору.

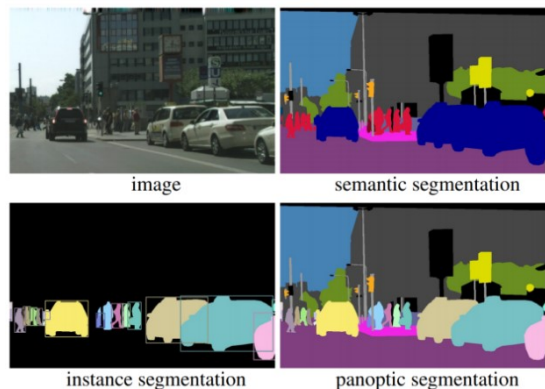


Рис. 4. Приклади різних типів сегментації [10]

Зазвичай задачі сегментації можна далі класифікувати як семантичну, екземплярну та паноптичну сегментацію [8, 9]. На рисунку 4 наочно показано відмінності кожного виду сегментації. Конкретна підкатегорія сегментації зазвичай залежить від застосування, наприклад, у задачах комп'ютерного зору для автоматизації водіння автомобіля застосовують екземплярну та паноптичну сегментацію частіше, ніж для класифікації видів культур.

З точки зору класичних алгоритмів комп'ютерного зору, сегментацію зображень можна

вирішити за допомогою таких методів, як застосування порогового значення [11], виявлення країв і застосування суперпікселів [12]. Такі підходи заслуговують на увагу, оскільки вони все ще застосовуються в деяких сферах практичного використання. Тим не менш, зазвичай класичні методи схильні до помилок і можуть дати несподівані результати в оточеннях, відмінних від тих, в яких вони розробляються та тестують.

Нейронні мережі. Перші визначні кроки у сфері глибокого навчання та розвитку нейронних мереж були здійснені ще в 40х роках ХХ століття. Нейрофізіолог Уоррен МакКалох і математик Уолтер Пітс припустили внутрішню роботу нейронів і змоделювали примітивну нейронну мережу за допомогою електричних ланцюгів на основі їхніх висновків (McCulloch and Pitts, 1943) [13]. Їхня модель була лінійною ступінчастою функцією на основі зважених лінійно інтерпольованих даних, які можуть бути описується наступним чином:

$$X_{out} = \begin{cases} 1, \sum_i w_i x_i \geq \theta, z_j = 0, \forall j \\ 0, \text{інакше} \end{cases} \quad (1)$$

де  $X_{out}$  – вихідне значення;

$X_i$  – вхідне значення, коефіцієнт зваження;

$z_j$  – інгібіторне значення;

$\theta$  – порогове значення.

Така модель поклала основу сучасних алгоритмів глибокого навчання, проте проблеми фіксованих значень зважених коефіцієнтів та сувора дискретизація вихідної функції потребували подальших досліджень.

Наступна модель так званого нейрону описана Розенблаттом (1958) [13], натхненна роботою людського ока та отримала назву перцептрон. В даній моделі найкраща апроксимація функції відгуку досягається за рахунок декількох вхідних сигналів, які сумують з індивідуальним коефіцієнтом зваження, крім того, до результату застосовується нелінійне перетворення, яке згодом набуло назви функції активації. Описана модель зображена на рис. 5.

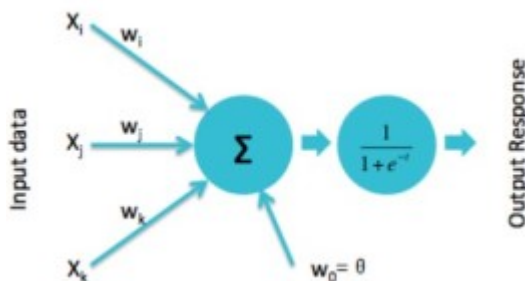


Рис.5. Ілюстрація роботи моделі «Перцептрон» [13]

Основним механізмом глибокої нейронної мережі є послідовні лінійні операції в поєднанні з відносно простими нелінійними операціями. Завдяки простому введенню нелінійних (часто званих

активаційних) функцій і великої кількості вузлів у мережі, такі графоподібні структури здатні виявити численні складні нелінійні закономірності в даних [14]. Кожна лінійна операція, як правило, є простою процедурою масштабування вхідних даних і додавання деякого члена зміщення, таке обчислення в спільноті глибокого навчання називається шаром. Як правило, кожен шар супроводжується застосуванням нелінійної функції активації. Таким чином, вихід одного шару обчислюється наступним чином:

$$X_{out} = \varphi(w X_{input} + b) \quad (2)$$

де  $X_{input}$  – вхідне значення змінної;

$w$  та  $b$  – параметр масштабу (або «вага») та зміщення лінійної функції;

$\varphi$  – функція активації.

**Згорткові нейронні мережі.** У випадку зображень, як правило, корисно зберігати просторову інформацію. Для досягнення цього широко використовується операція, відома як згортка. Нехай зображення буде представлено у вигляді двовимірної матриці  $X$ , кожен елемент якої представляє конкретне значення пікселя, розмір ядра буде позначено як  $h$ . Результатом згорткової операції буде матриця  $G$ :

$$G[m,n] = \sum_j \sum_k h[j,k] X[m-j,n-k] \quad (3)$$

Простіше пояснюючи, ядро розміру  $h$  зміщується по всій матриці двовимірного зображення, кожен раз, коли операцію можна розглядати як поелементне множення ядра з фрагментом зображення з подальшим підсумовуванням усіх елементів отриманої матриці. На рисунку 6 ця операція наглядно проілюстрована.

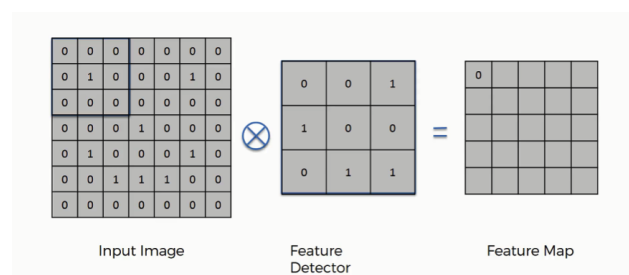


Рис. 6. Ілюстрація операції згортки

Операція повторюється знову, коли ядро «ковзає» по ширині та висоті зображення, зазвичай зміщуючи на один піксель за раз, один піксель називається кроком у цій операції, хоча він не обов'язково дорівнює одиниці. Зрозуміло, що вихідне зображення в будь-якому випадку буде меншим щонайменше на два значення по ширині та висоті. Якщо вхідна форма повинна бути збережена, можна застосувати заповнення, тобто межі з кожного боку матриці зображення можуть бути додані перед згорткою. Звичайно заповнювати зображення зі значенням нуль, але можуть бути застосовані й інші методи. Серед них є відступи, відомі як «same» –



копіювання лівого стовпця ліворуч, верхнього рядка угору тощо, відступ «reflect» – копіювання лівого стовпця праворуч, верхнього рядка донизу тощо.

Хоча кроки більше одиниці можуть зменшити розмір зображення, існує ще одна техніка, яка може бути застосована для зменшення розміру зображення, відома як об'єднання. Під час цієї операції зображення або карта об'єктів зменшується шляхом укрупнення значень у невеликому вікні. Агрегації можуть бути довільними, найчастіше використовуються максимальний пулінг (збереження максимального значення у вікні) і середній пулінг (збереження середнього значення у вікні). Візуальне зображення максимального та середнього об'єднання продемонстровано на рисунку 7. Операція усереднення значень в певному вікні не тільки зменшує розміри зображення, але й допомагає зменшити вплив шуму та зайвих функцій.

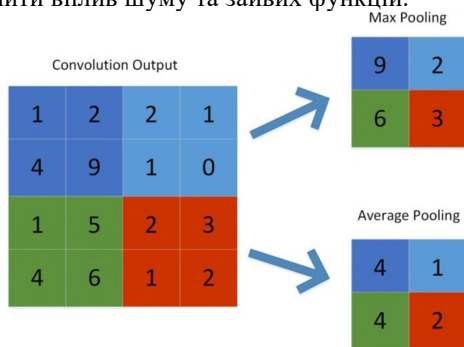


Рис. 7. Ілюстрація операції максимального та середнього пулінгу

Отриману матрицю можна піддати функції активації або використати як вхідне значення до іншої згорткової операції. Після послідовності лінійних, згорткових і активаційних функцій (так званий «Прохід вперед») мережа оновлюється за допомогою зворотного поширення помилки [15]. Функція втрат – це функція, яка виводить ступінь, наскільки результат мережі відрізняється від реального очікуваного результату, існує безліч таких функцій, і вибір повинен залежати від виконаного завдання. Загалом, зворотне поширення помилки – це механізм піддавання параметрів вузлів мережі (тобто функцій, «ваги») впливу градієнта. Цей градієнт розраховується як часткова похідна по параметрам вузла. Нехай  $J$  позначає значення функції втрат, а  $\epsilon$  параметром швидкості навчання, тоді оновлення ваги за допомогою зворотного поширення помилки буде розраховано наступним чином:

$$W_i = W_i + \epsilon \cdot J(W) \quad (4)$$

**Обрані моделі для порівняння.** У сегментації зображень найбільший прорив відбувся з архітектурою U-Net [16]. Запропонована архітектура спирається на архітектуру кодер-декодер типу. Основним алгоритмом такої архітектури є створення двоступеневої моделі, тоді як на першому етапі модуль кодувальника «вчиться» створювати інформаційне представлення у просторі високої

розмірності, а модуль декодера «вчиться» отримувати цю інформацію з отриманої матриці. Зокрема, в U-Net ця частина кодування реалізована як послідовність операцій об'єднання, що застосовуються до карт об'єктів, а частина декодування – як послідовність операцій підвищення дискретизації, відомих як «згортка нагору» або «транспонована згортка». Ця операція тісно пов'язана зі звичайною згорткою, але замість того, щоб об'єднувати ядро пікселів для зменшення розміру, вона інтерполює менше вікно, щоб відповідати розміру ядра. В результаті транспонованої згортки з розміром ядра 3 і кроком 1 без додаткового заповнення буде отримано з патча 4x4 пікселів вихід з розміром 16x16 (рис. 8).

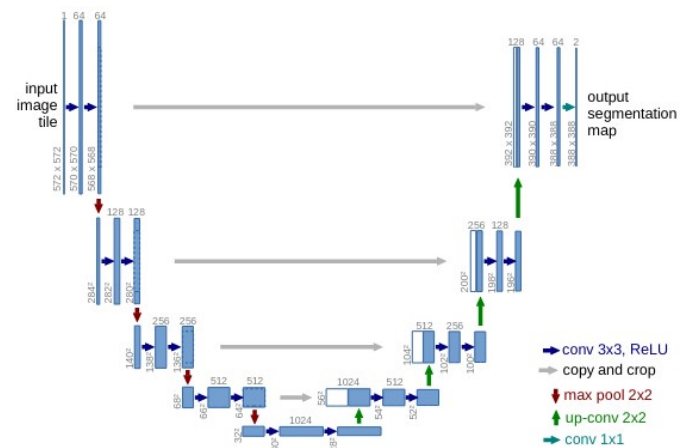


Рис. 8. Архітектура U-Net

Як і вище описана архітектура, модель UNet++ має в основі енкодер-декодер структуру. Обидві мережі мають ключову подібність: пропусні з'єднання (skip connections), які поєднують глибокі, семантичні, грубозерністі карти ознак з підмережі декодера з поверхневими, низькорівневими, дрібнозерністими картами функцій з підмережі енкодера. Пропусні з'єднання показали свою ефективність у відновленні дрібних деталей цільових об'єктів; генерування сегментаційної маски з дрібними деталями навіть на складному фоні.

Дана архітектура вносить деякі корективи в організації таких пропусних з'єднаннях. В UNet карти функцій кодера безпосередньо повторно отримані в декодері; однак в UNet++ вони зазнають щільної згортки за допомогою додаткових блоків, кількість шарів згортки залежить від рівня піраміди. наприклад, шлях пропуску між вузлами  $X^{0,0}$  і  $X^{1,3}$  складається з щільного блоку згортки з трьома шарами, де кожен шар передусє шар конкатенації, який об'єднує вихідні дані попереднього шар згортки того самого щільного блоку з відповідною дискретизацією вихід нижнього щільного блоку. Блок щільної згортки приносить семантичний рівень карт функцій енкодера ближче до рівня карт функцій, очікуваний в декодері. Гіпотеза полягає в тому, що оптимізатор зіткнеться з легшою проблемою

оптимізації, коли отримані карти функцій енкodера та відповідні карти функцій декодера семантично подібні [17]. Формально можна сформулювати шлях пропуску наступним чином: нехай  $x^{i,j}$  позначає вихід вузла  $X^{i,j}$ , де  $i$  індексує рівень понижуючої дискретизації вздовж кодера, а  $j$  індексує шар згортки щільного блоку вздовж шляху пропуску. The стек карт функцій, представлених  $x^{i,j}$ , обчислюється наступними функціями

$$x^{i,j} = \begin{cases} H(x^{i-1,j}), j = 0 \\ H([x^{i,k}]^{j-1}, U(x^{i+1,j-1})), j > 0 \end{cases}$$

На рис. 9а представлена загальна архітектура енкodер-декодер, де чорний колір позначає оригінальний U-Net, зелений і синій показують згортка конволюційних блоків, а червоний колір вказує на глибокий нагляд. Червоний, зелений і синій компоненти відрізняють UNet++ від U-Net. На рис. 9b детально представлено аналіз першого шляху пропуску UNet++. На рис. 9c показано, що за

допомогою Net++ можна скоротити час для висновків, якщо тренуватися з глибоким наглядом.

HRNet підтримує представлення високої роздільної здатності шляхом паралельного з'єднання згортки із високою та низькою роздільною здатністю, де відбувається повторюване багатомасштабне злиття між паралельними згортками [18]. Архітектура показана на рис. 10. Головна ідея та концептуальна відмінність моделі — одночасна згортка зображень різних розмірів із об'єднанням проміжних результатів в блоках мульти-розмірності. Вхідний сигнал піддається згортці, після чого одночасно проходить паралельні згортки в інших гілках із зменшеною в двічі роздільною здатністю. На етапі поєднання проміжних карт прогнозів мережа має змогу так би мовити узгодити результати різних розмірів, після чого такий процес повторюється із додатковим зменшенням зображення паралельно двічі. Паралельну згортку оригінального та зменшеного зображення називатимемо другим, третім та четвертим етапами.

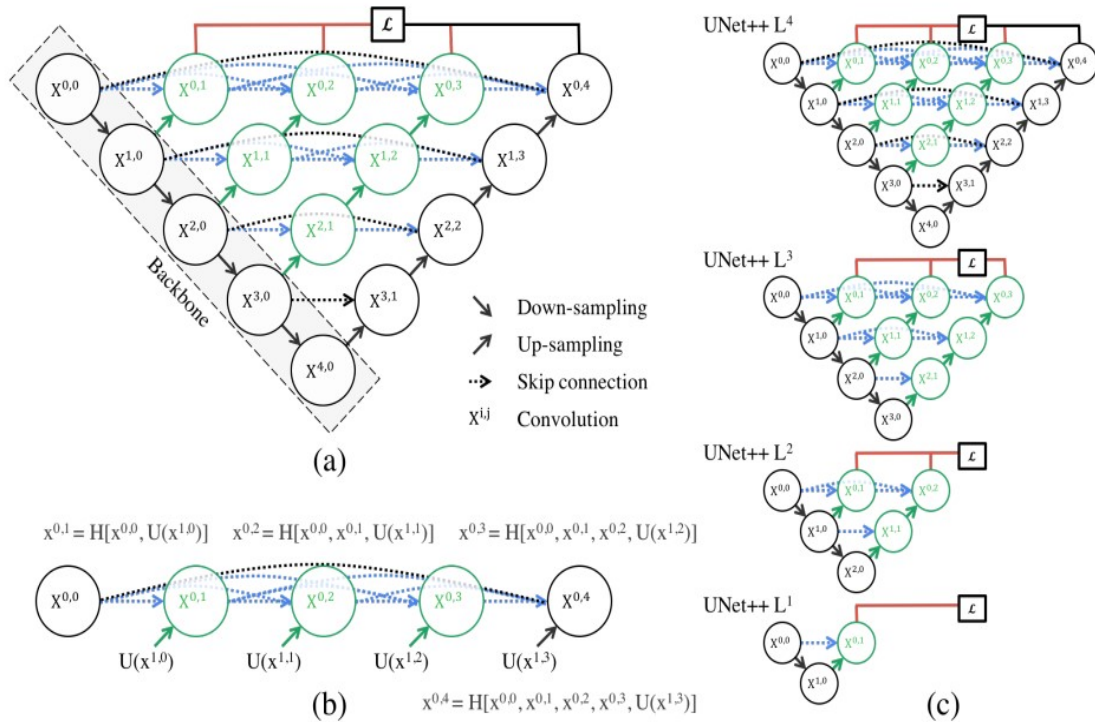


Рис. 9. Архітектура UNet++: а – загальна архітектура енкodер-декодер; б – аналіз першого шляху пропуску UNet++; с – UNet++

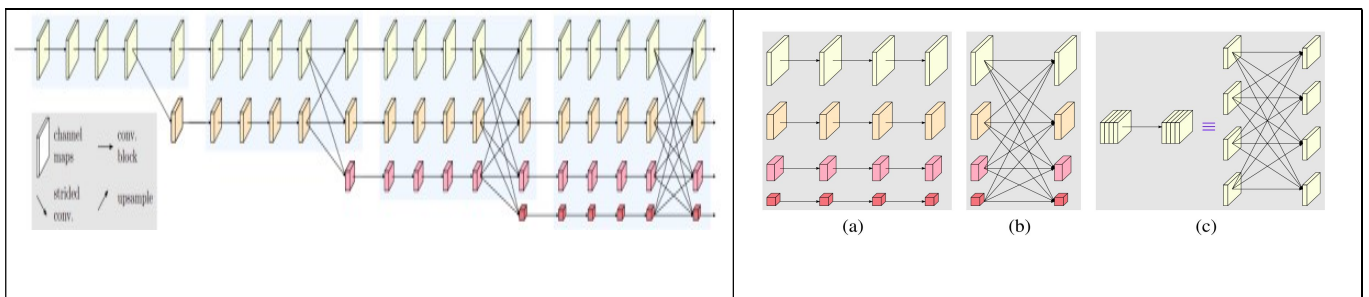


Рис. 10. Архітектура мережі HRNet та блоків мережі: а – згортки; б – блок мультирозмірного злиття; с – повноз'єднаний блок

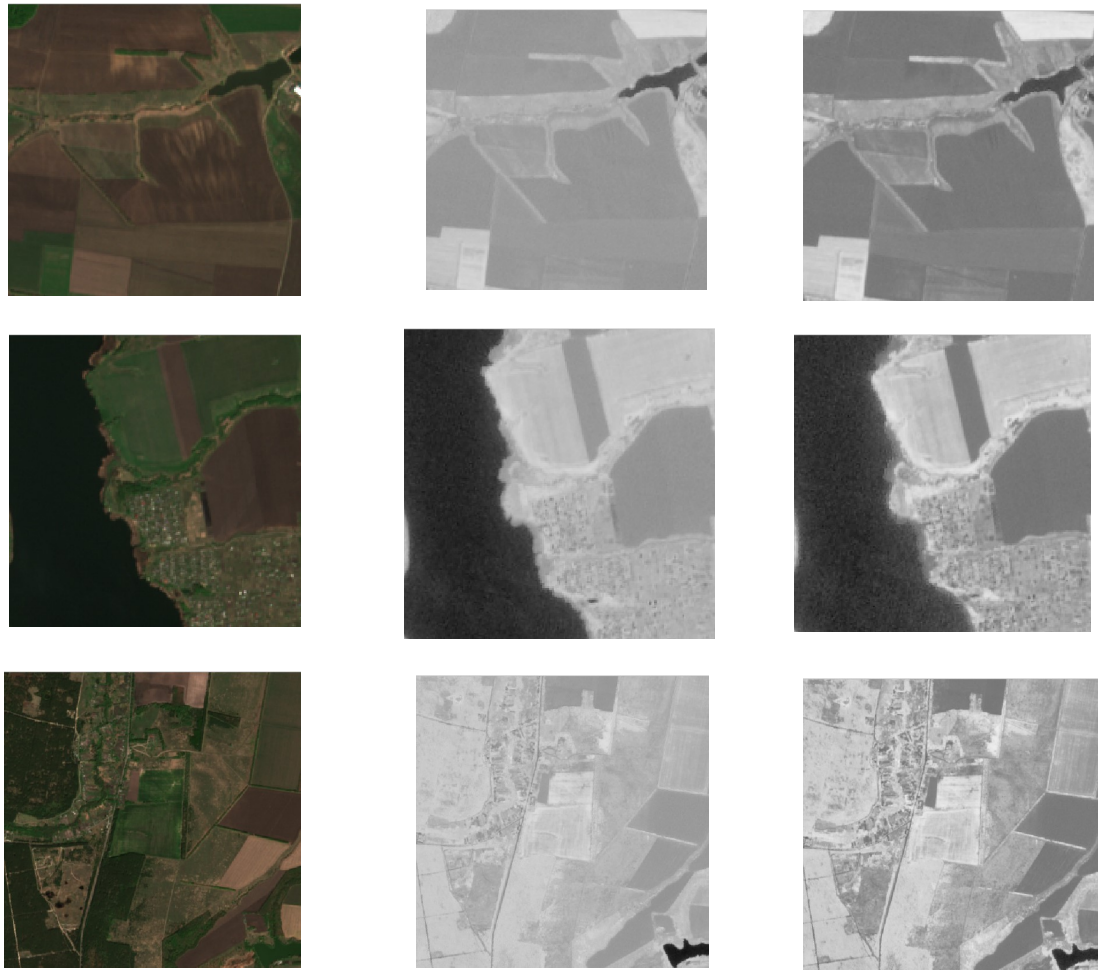
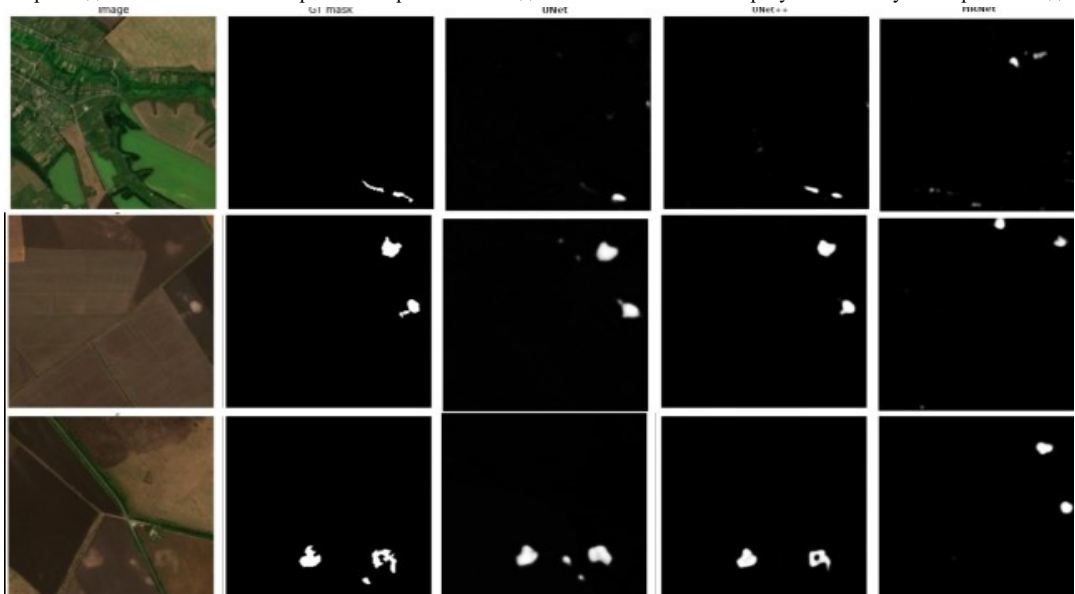


Рис. 11. Приклади композитного кольорового зображення та індексів NDVI та NDMI та результати тестування різних моделей



Згортка з різною роздільною здатністю зображена на рис. 10б. Такий спосіб подібний до повного підключення з кількома гілками правильної згортки, зображеної на рис. 10с. Звичайну згортку

можна розділити на кілька маленьких, як пояснюється в [19].

Вхідні канали розділені на кілька підмножин, так само як і вихідні канали. Вхідні та вихідні підмножини з'єднані повнозв'язаним способом, і

кожне з'єднання – це звичайна згортка. Кожна підмножина виходу каналів є підсумовуванням виходів згорток над кожною підмножиною вхідних каналів.

Відмінності полягають у двох аспектах. По-перше, для різної роздільної здатності кожна множина каналів проходить операцію згортки. По-друге, з'єднання між вхідними каналами та вихідні каналами потрібно обробляти із зниженням роздільної здатності, як реалізовано в [18] за допомогою згорток  $3 \times 3$  із кроком 2. Збільшення роздільної здатності реалізовано шляхом білінійного підвищення дискретизації.

**Розробка та підготування моделей глибокого навчання.** Для подальшого використання для алгоритмів машинного навчання та аналізу результатів розроблений програмний пакет, що полегшує значну частину передобробки. Відтак розроблений наступний функціонал: створення трьох каналового зображення у видимому спектрі, розрахунок та збереження спектральних індексів (NDVI, NDMI, NDRE, NDWI, EVI), створення та збереження композитного зображення з декількох смуг, сворення та збереження частини зображення як окремого файлу та інші. Деякі важливі функції приведені у додатках, повний пакет знаходиться у відкритому репозиторії та знаходиться за посиланням: [https://github.com/erelin6613/soil\\_erosion](https://github.com/erelin6613/soil_erosion)

За допомогою мови програмування Python та допоміжних пакетів (пакет автоматичного диференціювання та організації процесу навчання Pytorch, пакети роботи із векторними та растровими зображеннями Rasterio, OpenCV, Pillow, пакет для виконання математичних операцій з матрицями та векторами NumPy тощо) були написані програмні файли для передобробки та процесу тренування моделей UNet, UNet++ та HRNet та їх оцінки.

Проведення експериментів відбувались при однакових умовах, в тому числі на однаковому обладнанні. Також тренування проходило з однаковими гіперпараметрами, однаковою кількістю епох з однаковими наборами тренувальних, валідаційних та тестувальних даних. Не зважаючи на архітектурні відмінності моделей, такий експеримент дозволяє якомога краще оцінити корисність моделі за умов відносно невеликого набору даних та обмежених технічних ресурсів. Результати процесу навчання та оцінки наведені на рис. 11 та таблиці 1.

Таблиця 1. Результати оцінки моделей

Модель	Показник IoU	Кількість параметрів
UNet, Resnet50 backbone	0,4543	24436369
UNetPlusPlus, Resnet50 backbone	0,4056	48985745
HRNet-18	0,3240	96019370

Результати свідчать, що для даних умов найкращі показники здобуває модель UNet. В даному випадку спостерігається обернено

пропорційна залежність показника якості від кількості параметрів.

На практиці доведено, що для невеликих наборів даних використання моделей з великою кількістю параметрів за однакових умов тренування недоцільне.

**Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.** Предмет передбачення та оцінки ерозії ґрунтів вивчається протягом тривалого часу, розроблені численні методи для вирішення проблеми раннього виявлення та прогнозування. Особливий інтерес представляє застосування таких моделей для дистанційного зондування, оскільки дослідження in-situ є ресурсомістким і трудомістким. Суто фізичні та емпіричні моделі погано підходять для такого моделювання через необхідність ретельного вимірювання властивостей ґрунту. Однак у поєднанні з методами цифрової обробки сигналів вони мають великі перспективи для розробки ефективних алгоритмів прогнозування деградації ґрунту.

Дані дистанційного зондування забезпечують не тільки візуальне зображення еродованих ділянок, але й спектральний профіль поверхні, який описує властивості ґрунтів. У профайлах відбиття електромагнітного випромінювання може бути необмежена кількість шаблонів, які вказують на профіль ґрунту, ці шаблони можна вивчити за допомогою алгоритмів машинного навчання. Такий підхід є кращим не тільки через аспект економії часу, а й через потенціал для виявлення нових закономірностей і зв'язків, які ще не відкриті людьми.

В ході експериментів тренування декількох моделей (UNet, UNet++, HRNet-18) встановлено, що рівноцінні умови тренування найкращі результати досягають моделі з відносно невеликою кількістю параметрів, в даному випадку UNet.

#### Список літератури

1. European Space Agency, Sentinel-2 mission: Overview. Електронний ресурс.
2. Panditharathne, D. & Abeysingha, Nimal & Nirmanee, K G & Mallawatantri, Ananda. (2019). Application of Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle) Model to Assess Soil Erosion in “Kalu Ganga” River Basin in Sri Lanka. Applied and Environmental Soil Science. 2019. 1-15. 10.1155/2019/4037379.
3. Thapa, Pawan. (2020). Spatial Estimation of Soil Erosion Using RUSLE Modeling: A case study of Dolakha District, Nepal. 10.21203/rs.3.rs-25478/v4.
4. El Jazouli, A., Barakat, A., Ghafiri, A. et al. Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). *Geosci. Lett.* 4, 25 (2017).
5. N.R. Pal, S.K. Pal, A review on image segmentation techniques, *Pattern Recognition* 26(9) (1993) 1277–1294.
6. N.M. Zaitoun, M.J. Aqel, Survey on image segmentation techniques, *Procedia Computer Science* 65 (2015) 797–806, International Conf. on Communications,

- management, and Information technology (ICCMIT'2015).
7. Gurung, Amit and Sangyal Lama Tamang. "Image Segmentation using Multi-Threshold technique by Histogram Sampling." *ArXiv abs/1909.05084* (2019)
  8. Achanta, Radhakrishna & Shaji, Appu & Smith, Kevin & Lucchi, Aurélien & Fua, Pascal & Süssstrunk, Sabine. (2010). SLIC superpixels. Technical report, EPFL.
  9. Wang, Haohan and Bhiksha Raj. "On the Origin of Deep Learning On the Origin of Deep Learning." (2017).
  10. Wiatowski, Thomas & Bölcskei, Helmut. (2015). A Mathematical Theory of Deep Convolutional Neural Networks for Feature Extraction. *IEEE Transactions on Information Theory*. PP. 10.1109/TIT.2017.2776228.
  11. Zweifel, Lauren & Meusburger, K. & Alewell, Christine. (2019). Spatio-temporal pattern of soil degradation in a Swiss Alpine grassland catchment. *Remote Sensing of Environment*. 235. 10.1016/j.rse.2019.111441.
  12. Wiegand, C.; Rutzing, M.; Heinrich, K.; Geitner, C. Automated extraction of shallow erosion areas based on multi-temporal ortho-imagery. *Remote Sens*. 2013,5, 2292–2307.
  13. He, Kaiming & Zhang, Xiangyu & Ren, Shaoqing & Sun, Jian. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. 770-778. 10.1109/CVPR.2016.90.
  14. Ronneberger, O.; Fischer, P.; Brox, T. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *Proceedings of the Medical Image Computing and Computer-assisted intervention—MICCAI 2015*, Munich, Germany, 5–9 October 2015; Volume 9351, pp. 234–241.
  15. Zhou, Zongwei & Rahman Siddiquee, Md Mahfuzur & Tajbakhsh, Nima & Liang, Jianming. (2018). UNet++: A Nested U-Net Architecture for Medical Image Segmentation.
  16. K. Sun, B. Xiao, D. Liu, and J. Wang. Deep high-resolution representation learning for human pose estimation. In *CVPR*, 2019. 1, 2, 3, 4, 8, 9
  17. T. Zhang, G. Qi, B. Xiao, and J. Wang. Interleaved group convolutions. In *ICCV*, pages 4383–4392, 2017. 3
  18. Zhang, Yiwen & Lai, Haoran & Yang, Wei. (2021). Cascade UNet and CH-UNet for Thyroid Nodule Segmentation and Benign and Malignant Classification. 10.1007/978-3-030-71827-5\_17.
  19. Heidary, Farnoosh & Yazdi, Mehran & Dehghani, Maryam & Setoodeh, Peyman. (2021). Urban Change Detection by Fully Convolutional Siamese Concatenate Network with Attention.
  20. Xu, Hanqiu, Xiujuan Hu, Huade Guan, Bobo Zhang, Meiya Wang, Shanmu Chen, and Minghua Chen. 2019. A Remote Sensing Based Method to Detect Soil Erosion in Forests. *Remote Sensing* 11, no. 5: 513.
  21. Mwaniki, Mercy & Agutu, Nathan & Mbaka, John & Ngigi, Tg & Waithaka, Edward. (2015). Landslide scar/soil erodibility mapping using Landsat TM/ETM+ bands 7 and 3 Normalised Difference Index: A case study of central region of Kenya. *Applied Geography*. 64. 108-120. 10.1016/j.apgeog.2015.09.009.
  22. Chen, Fen & Van de Voorde, Tim & Roberts, Dar & Zhao, Haojie & Chen, Jingbo. (2021). Detection of Ground Materials Using Normalized Difference Indices with a Threshold: Risk and Ways to Improve. *Remote Sensing*. 13. 10.3390/rs13030450.
  23. Rukhovich, Dmitry I., Polina V. Koroleva, Danila D. Rukhovich, and Natalia V. Kalinina 2021. The Use of Deep Machine Learning for the Automated Selection of Remote Sensing Data for the Determination of Areas of Arable Land Degradation Processes Distribution. *Remote Sensing* 13, No. 1: 155.
  24. Avwunudiogba, Augustine & Hudson, Paul. (2014). A Review of Soil Erosion Models with Special Reference to the needs of Humid Tropical Mountainous Environments. *European Journal of Sustainable Development*. 3. 299-310. 10.14207/ejsd.2014.v3n4p299
  25. Laflen, John & Flanagan, Dennis. (2013). The development of U. S. soil erosion prediction and modeling. *International Soil and Water Conservation Research*. 34. 10.1016/S2095-6339(15)30034-4.
  26. Anejionu, O.C.D., Nwilo, P.C., and Ebinne, E.S. (2013). Long Term Assessment and Mapping of Erosion Hotspots in South East Nigeria. TSO 3B – Remote Sensing for Land use and Planning – 6448, FIG Working Week, 2013.
  27. Chandramohan, T. & Venkatesh, Basappa & Balchand, A. (2015). Evaluation of Three Soil Erosion Models for Small Watersheds. *Aquatic Procedia*. 4. 1227-1234. 10.1016/j.aqpro.2015.02.156.
  28. Singh, Vijay & Asce, F&Cui, Huijuan&Byrd, Aaron. (2014). Sediment Graphs Based on Entropy Theory. *Journal of Hydrologic Engineering*. 20. 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001068.
  29. Beasley, David & Huggins, L. & Monke, E.. (1980). ANSWERS: a model for watershed planning.. *Transactions of the ASAE*. 23. 10.13031/2013.34692.
  30. Bahrawi, Jarbou & Elhag, Mohamed & Aldhebani, Amal & Galal, Hanaa & Hegazy, Ahmad & Alghailani, Ebtisam. (2016). Soil Erosion Estimation Using Remote Sensing Techniques in Wadi Yalamlam Basin, Saudi Arabia. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2016. 1-8. 10.1155/2016/9585962.
  31. Panagos, Panos & Karydas, Christos & Borrelli, Pasquale & Ballabio, Cristiano & Meusburger, K.. (2014). Advances in soil erosion modelling through remote sensing data availability at European scale. *Proc SPIE*. 9229. 1-10. 10.1117/12.2066383.
  32. Sultana, Farhana & Sufian, A. & Dutta, Paramartha. (2020). Evolution of Image Segmentation using Deep Convolutional Neural Network: A Survey. *Knowledge-Based Systems*. 201-202. 10.1016/j.knsys.2020.106062.

Надійшла (received) 19.10.2022

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

**Багмут Іван Олександрович (Багмут Иван Александрович, Bahmut Ivan Aleksandrovich)** – кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерного моделювання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

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

**Фігурська Валентина Степанівна (Фигурская Валентина Степановна, Fihurska Valentyna Stepanovna)** – студентка 5 курсу НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна.

**S. BUKHKALO, A. AGEICHEVA, N. PSYCHKINA, I. ROZHENKO, O. BELYANSKIY**

### **FIELD TRANSLATORS PROFESSIONAL COMPETENCE FORMATION PECULIARITIES**

The article is devoted to the study of the formation of professional competences during the training of specialists in field translation, in particular, the regularities of English-Ukrainian translation. It is determined by the need for a comprehensive study of the linguistic, cultural, and psychological features of English-Ukrainian translation in the field. Such professional competences of field translation are gaining great importance today, as the expansion of socio-political, economic, and cultural ties between states is observed. Professional competence main aspects are investigated. A comprehensive analysis of professional competence formation while training field translation specialists is performed. Peculiarities of professional competence formation are revealed. Exploring main aspects of training field translation is described. It is determined that it is important for a translator to have professional competence. The results of this work are of great importance to field translation specialists. The importance of professional competence formation while training field translation specialists is analyzed.

**Key words:** Field translation, training, professional competence, professional competences formation

**С. БУХКАЛО, А. АГЕЙЧЕВА, Н. ПШИЧКИНА, І. РОЖЕНКО, О. БЕЛЯНСКИЙ**

### **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПЕРЕКЛАДАЧІВ ГАЛУЗЕВОГО ПЕРЕКЛАДУ**

Стаття присвячена дослідженню формування професійних компетенцій під час підготовки фахівців польового перекладу, зокрема, закономірностям англо-українського перекладу. Це зумовлено необхідністю комплексного дослідження мовних, культурних та психологічних особливостей англо-українського перекладу в галузі. Такі професійні компетенції галузевого перекладу сьогодні набувають великого значення, оскільки спостерігається розширення суспільно-політичних, економічних, культурних зв'язків між державами. Досліджено основні аспекти професійної компетентності. Здійснено комплексний аналіз формування професійної компетентності при підготовці спеціалістів з перекладу на виїзні теми. Виявлено особливості формування професійної компетентності. Описано вивчення основних аспектів навчально-польового перекладу. Визначено, що для перекладача важливо мати професійну компетентність. Результати цієї роботи мають велике значення для спеціалістів-перекладачів.

**Ключові слова:** галузевий переклад, навчання, професійна компетентність, формування професійних компетентностей

**Introduction.** There are practically no universal translators capable of performing all types of translation at a professional level. Nevertheless, in today's market conditions, it is translators who are in demand, who can perform any type of technical or business translation with acceptable quality and fairly quickly, regardless of the subject and direction of translation (from foreign into native or from native into foreign language), as well as provide consistent or simultaneous translation. One of the current directions of the educational paradigm today is the competence-based approach, which involves the development of the personal qualities of a translator, the formation of the ability of an individual to use existing knowledge, skills and abilities, as well as acquire new ones to solve specific professional problems. In this regard, in modern linguodidactics and methods of teaching a language, there is a reorientation of the assessment of the result of education from the concepts of "preparedness, organization, ability" to the concepts of "competence", "competence", which makes it possible to characterize the modern approach to education as competence-oriented.

**Identification of previously unsettled parts of the general problem.** Due to the peculiarities of translation as a type of speech activity and an effective act of communication, special requirements are placed on the subject of this activity - the translator, on his professional skills and abilities, personal characteristics and general outlook. The very concept of "competence" includes not

only cognitive and operational-technological components, but also motivational, ethical, social and behavioral, as well as learning outcomes (knowledge and skills), a system of value orientations, habits, etc. Translation plays a rather important role in various spheres of human activities.

**The main purpose of this paper is:** to investigate main professional competence in field translation and to explain the multidimensionality of approaches to understanding the essence of translation.

**The main part.** The competency-based approach will allow demonstrating the versatility of the translator's profession in the form of professional competence and competencies that translators should possess. It no longer disputes the fact that the competence-based approach opens up opportunities for better preparation of translators for real life, including knowledge of the subject, the implementation of productive intercultural communication as an intermediary and the actualization of their personal resources. The competence-based approach is understood as the modeling of learning outcomes and their presentation as norms for the qualities of a specialist translator. Translation competence consists of the following competences: professional competence, intellectual competence, language competence, speech competence, semantic

© Bukhkalov S., Ageicheva A., Psychkina N., Rozhenko I., Belyanskiy O., 2022

competence, interpretive competence, textual competence and intercultural competence. In the process of creating professional translation competence, a kind of secondary linguistic personality is formed, which has a number of differences from an ordinary linguistic personality. The secondary linguistic personality is a combination of a person's ability to communicate in a foreign language at the intercultural level, which is understood as adequate interaction with representatives of other cultures. Accordingly, intercultural competence is another of the fundamental components of the professional competence of a translator. For the successful organization of the process of forming professional competence, it is necessary to create conditions not so much for mastering individual linguistic means, but for understanding their communicative significance by listeners and speakers in the process of communication. The success of language-intermediary activity depends on the level of development of professional competence. Accordingly, the ability to carry out the translation process, as a factor of intercultural communication, is one of the important components of the professional competence of a translator.

Essence of professional ethics of an interpreter Representatives of any profession have their own norms and rules of conduct. With the help of these norms and rules, the profession asserts its place in society, and society, for its part, influences the ethics of the profession. In any profession there are moral norms and laws of professional behavior that cannot be violated. They do not always take the form of commandments, but, perhaps, they are always based on the foundations of Christian morality, which were finally established in European society by the end of the 19th century. Honesty, commitment, professional mutual assistance have become the banner of any profession. The concept of professional honor has supplanted the previously revered concept of class honor. The translation profession is no exception. Having arisen many centuries ago, it constantly proved its need for people. The attitude of society towards it has changed, and ethical norms have also changed. By the beginning of the XX century. they had already defined outlines and were constantly honed throughout the 20th century. As already noted, a full understanding of the role of translation and translator falls on the middle of the 20th century. True, many modern researchers note that the social status of the translator's profession is not high enough even today. European and American authors note the lack of understanding of the essence of the translator's profession on the part of many customers, the perception of the translator as a necessary evil, low pay and poor working conditions, and the lack of social protection. Until recently, a special situation was observed in Ukraine and other countries. Everyone - both customers and translators - knows what translation is, and about what it should be, everyone is free to think what he pleases. Of course, the ever-present philistine self-confidence plays a role here: they say that what I do not do is not so

important and comes easily. So, a translator needs professional ethics. What is it made up of? It includes moral principles, norms of professional behavior, requirements of professional suitability, firm knowledge of the translator's legal status, familiarity with the technical support of translation. The Moral Principles of the Translator The moral principles of the translator, that is, determining what the translator can and cannot do, is not an easy task. The opinions of domestic practitioners about what is immoral and what is not are somewhat different, and the long time of chaos in this area is to blame for this, the reasons for which we have already spoken about. Anticipating the analysis of "samples", we recall that, as many translation researchers note, in consecutive interpretation a good translator is able to convey up to 80 percent of the information in the source text. This is objective data for this type of communication [1]. However, non-compliance with translation ethics can lead to almost complete blocking of information. Since interpretation is work in direct contact with people, the translator is primarily required to comply with the ethics of communication, which is included in almost any professional ethics. This means that the translator must fully possess the ability to behave, be a well-mannered person. The range of ideas about upbringing is extremely wide. But always at the heart of upbringing are rules that allow a person to show the same respect for other people as for himself. The translator is not an interlocutor or opponent of the client, but a translator who re-expresses an oral or written text created in one language into a text in another language. 2 It follows that the text is inviolable for the translator. The translator does not have the right, at will, to change the meaning and composition of the text during translation, to shorten it or expand it, if the additional task of adaptation, selection, additions, etc. is not set by the customer. 3. When translating, the translator, with the help of professional actions known to him, always strives to convey the invariant of the source text to the maximum extent, focusing on the functional dominants of the original. In a situation of translation, the interpreter is obliged to observe the ethics of oral communication, respecting the freedom of the client's personality and not infringing on his dignity (more on situational behavior in the next section). In some cases, in an environment of consecutive or simultaneous interpretation, the interpreter turns out to be a person who is also vested with diplomatic powers (for example, when translating the statements of major politicians in an environment of international contacts). If these diplomatic powers are recognized for the translator, he has the right to sin against the accuracy of the source text, performing the function of an auxiliary person in supporting diplomatic relations, preventing their complication, but is not obliged to protect the interests of the right to interfere in the relations of the parties, as well as to reveal his own position regarding the content of the translated text. The translator in our first example violated all of the above principles and thus failed in his professional task. The work of an interpreter, as well as the ability to speak in

general, is inextricably linked with the reliability of the functioning of the body. If a translator has to work, he must sleep well. He must master the basic techniques of auto-training and self-tuning, so that no external and personal circumstances affect the quality of his work. He must go to work in perfect health. Only under these conditions can its reliability as a translator of information be ensured. Professional ethics also dictates the reaction to the personal, individual characteristics of the speaker's speech. After all, the speech of the speaker is not always normative. The author of an oral text may allow various deviations from the norm: He may speak a dialect (territorial deviations). In his speech, there may be certain features of the local version of the norm. He may have individual speech defects, lisping, burriness, stuttering, nasality, etc. He may use weedy words. In all these cases, no matter how amused the translator is by the strangeness of the speaker's speech, he has no right to show his feelings. And for this, he must be prepared in advance for the possibility of such oddities. In all these cases, no matter how amused the translator is by the strangeness of the speaker's speech, he has no right to show his feelings. And for this, he must be prepared in advance for the possibility of such oddities. If we are talking about territorial deviations, the translator should familiarize himself with them in advance. In any case, the translator omits these deviations and replaces them with a model of the literary norm of the target language when translating. Long lengths and repetitions in the speech of the speaker present a particular problem. If these repetitions are random or with the function of emphasizing the significance of the statement, the translator can shorten them, but with a mandatory comment. It is clear that the translator is a living person and he may not know something, not understand something; at the same time, the interpreter, working in an environment of lack of time, does not have the opportunity to look in the dictionary, look through the reference book. But then - and this is an important rule of professional ethics - the translator is obliged to signal his lack of competence and the facts of misunderstanding of the source text, and not hide them. Just in these cases, the translator has the right to declare himself, ask clarifying questions, ask to repeat, explain if he did not hear, did not remember, is not familiar with the terms. If he has to translate texts on previously known topics (a scientific conference, business negotiations), he must prepare for work, compile his own working thesaurus dictionary, and consult with specialists. Most of the moral and ethical principles already mentioned are also relevant for written translation. But since its product is a written text, ethical standards include both the rules for reflecting the composition and the rules for formatting a written text. If the translator is not given a special task, he is obliged to convey the entire composition, i.e. all text units in the original language: title, author's titles, footnotes, captions under illustrations, etc. Words and fragments of text in languages other than original language (for example, in the English text there are fragments in Latin, Greek and French), are transferred to the translated text without

change. Although in most cases the translator has to inquire with specialists about what these fragments mean in order to understand the general meaning of the text. Also not translated.

Summary in English in a modern scientific text. In the text of the translation, the pages of the source text should be marked so that the user can easily navigate through it. Graphic highlighting tools (discharge, underlining, etc.) must be either reproduced or replaced with equivalent ones. Abbreviations should, if possible, be transcribed and given in the translated text in their original, full and abbreviated form in the target language (UNO, United Nations, UN). At the end of the translation, the translator must check the completeness of the text, as omissions happen even for the most experienced translators. Compliance with all these rules for the design and transmission of the text in written translation ensures a correct attitude towards the customer. The last remark also concerns the extent to which the translator has the right to share with others the information that he has learned during the translation. A non-disclosure agreement is required from translators only in the military department and when translating (oral and written) during the investigation of a criminal case and during the trial. In other cases, the work of a translator, as a rule, is not secret, its results are published either during the work (oral translation at the conference is publication), or after some time (written translation of articles and books). However, there are situations where the translation is confidential. For example, the content of business and government negotiations is not subject to disclosure [2].

The interpreter has the opportunity to participate in purely personal negotiations, and then the disclosure of their content may affect the inviolability of the personality of clients, which is protected by the Constitution. So, to the already listed six postulates of the translator's ethics, we can add a few more: The translator is obliged to take care of his health, since the quality of the translation depends on his physical condition. The translator on the set of the film often becomes the second assistant director and even co-author of the script. In the interests of the cause, i.e., in the interests of the quality of work, the translator in such a difficult situation must himself vigilantly monitor the volume of his employment and insist on limiting it within reasonable limits. Unfortunately, junior and mid-level translators are often ready for anything; insufficient professionalism and ignorance in matters of professional ethics give rise to a vicious circle: poor translation quality - low pay - lack of self-respect (I agree to any assignment). Translators' lack of self-respect undermines the prestige of this glorious profession. A negative impact on the quality of the work of an interpreter can also be exerted, so to speak, by the complex of his secondary role, which is imposed on him. It is also one of the reasons for the low level of self-esteem. After all, it is no secret that in many cases the translator is treated as a secondary service personnel. The reason for such a disrespectful attitude to one of the most



complex types of human activity, most likely, is in the complexes of those who use the services of translators.

After all, they do not know the language, this, apparently, is a serious hindrance to their self-assertion, and they take out their annoyance on the translator, unfairly underestimating his role and his work. The translator should not be led by such views. He should be guided not by the opinion of the customer about himself, but by a sober assessment of his work by competent people, for example, professional colleagues. In short, like any professional, he must know his worth, then he will be highly appreciated [3].

Until now, speaking about the universal principles of the translator's behavior in a translation situation, we had in mind situations of constructive communication. But sometimes dialogue partners create a conflict situation. Of course, the translator is not obliged, and, as a rule, is not able to resolve the conflict. He, with all his desire, may not be able to behave in a situation of conflict strictly according to the norms of ethics due to the complexity of the situation. Probably, as in any work, he should not allow his dignity to be humiliated; but at the same time, it is important for him to decide: what to translate and what not to translate in such a situation from what was said by the partners. At the same time, ethics does not allow either the participation of an interpreter in a scandal, or the translation of curses exchanged between interlocutors. He must translate for the parties the main content of their remarks, using the literary norm of the language, and briefly comment on the curses: Professional suitability and professional requirements. Professional suitability is usually understood as the natural prerequisites for the implementation of this activity, including the psychological attitude. Professional requirements are a broader concept; along with professional suitability, it includes the necessary set of skills and abilities. It is no coincidence that we have combined these two types of professional parameters in one section. As in other professions, some of the qualities expected of a translator by nature, he can develop and improve in the course of training. Among the qualities that determine professional suitability, they usually name speech reactivity, good memory, switchability, mental stability, contact, intelligence. Speech reactivity is not just the ability to speak quickly, but above all the ability to quickly perceive someone else's speech and quickly generate your own. If this ability is given to a person by nature, in any case it must be systematized and developed further. Some people are characterized by excessive, nervous speech reactivity. If they are going to work in interpreting, they need to put their ability under control. In rare cases, a person is not able to develop the speed of speech. Then he probably shouldn't become an interpreter. Now about memory. People with phenomenal memory are rare. Yes, in fact, the translator does not need a phenomenal memory. A translator needs a professionally organized flexible memory that allows, on the one hand, to absorb a large amount of information and, on the other hand, to quickly forget the unnecessary.

Long-term memory should be distinguished by the ability to accommodate a much larger (compared to the memory of an ordinary person who speaks a foreign language) volume of vocabulary in the active stock both in the native and in the foreign language. Working memory is characterized by the ability to remember for a short time a significantly larger number of language units than the memory of an ordinary person. This means that the translator will definitely have to train the gift of a good memory further. Switching in one way or another is characteristic of all people. It is believed that women have faster switching than men. However, translation requires a specific kind of switchability from one language to another, from digital to verbal coding. Therefore, the initial predisposition to quick switching should, in the course of training, develop into a stable skill in the ability to switch in the field of language. Mental stability is considered by many translators to be the first among the qualities of professional suitability, and this is no coincidence. After all, long speaking is forced, and inevitably frequent switching, and an increased speed of speech, and the need for a whole day to follow only other people's thoughts, not allowing one's own - all this leads to mental overload. Since mental stability, in addition to the innate evenness of temper, implies endurance, strong-willed qualities, the ability to win, the ability to find a way out of difficult situations, it becomes clear that it is given by conscious work on oneself, on improving one's character. 10 Contact, that is, the desire to communicate with other people, is inherent in any person from birth. In the course of personality formation, contact is limited for many people; personal attitudes, life experience, features of professional life often make a person self-contained. However, for a number of professions, including the profession of an interpreter, a high level of contact is necessary. And this is not about innate extraversion, openness of character - it can even interfere with the translator, but about a conscious psychological attitude towards contact. The translator must be well aware that he is an expert not only in the language, but also in the culture of two (at least!) peoples and countries at once, and actively contribute to establishing contact between the parties. And finally, intelligence [4]. This does not mean encyclopedic education, but liveliness and a creative mindset that allows you to apply your vast knowledge at the right time. Everything is useful here: a good education received in childhood, and a breadth of interests, and active self-education. A translator will inevitably have to deal with people of different professions, with different views on life and different hobbies, with texts of different subjects and different types, and a narrow specialization in one area of knowledge will not save him, even if he specializes in it as a translator.

The translator needs the ability to concentrate, to mobilize the resources of his memory, all his intellectual and emotional potential (Fig. 1, 2)

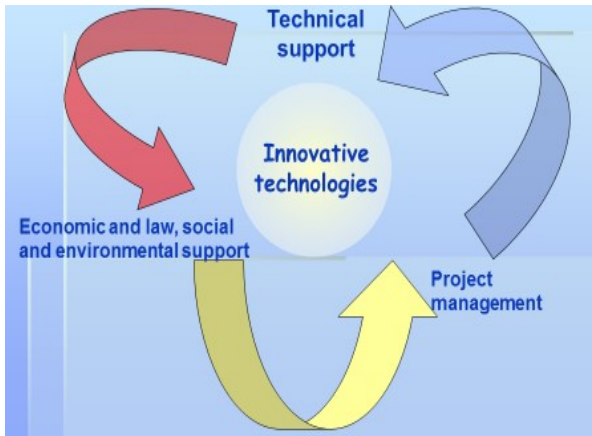


Figure 1. Design technology improvement areas

The choice of scientific articles and textbooks (Fig. 3) as didactic material for the formation of general cultural and general professional competencies provides ample opportunities for independent work of students, contributes to the development of a creative approach to

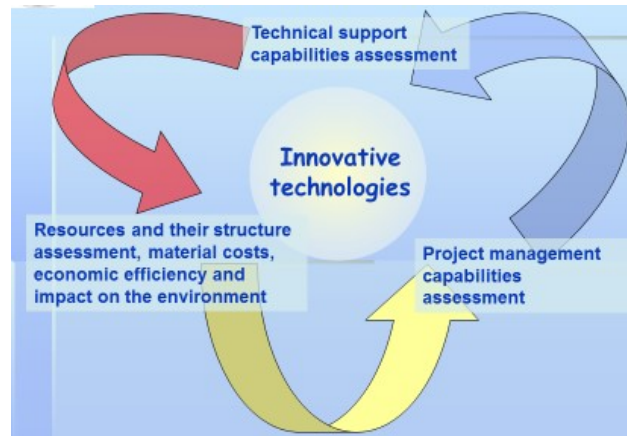


Figure 2. Techniques for improving design technology

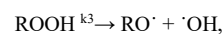
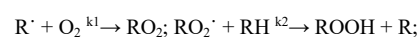
the learning process, increases positive motivation to acquire new knowledge and master new skills, which, ultimately, develops the necessary personal qualities of future specialists [7].



Figure 3. Study and analysis of the course «General technology of the food industry» and «Chemical technology»

The proposed methodology for working with scientific articles, aimed at the formation of individual competencies, can be used in the practical work of teachers who train undergraduates who study not only in this program, but also in other programs that provide for the formation of general professional competencies. Oxidation of acylglycerols is a self-acceleration process, because the first product of oxidation (hydro-peroxide) is unstable and leads to the formation of new radicals, i.e.

to initiate new oxidation chains and, consequently, increase the speed of process. Self-oxidation takes place by a chain free radical mechanism [5], in accordance with the following mechanism of reactions:



$$\text{ROOH} + \text{ROOH} \rightarrow \text{free radicals,}$$

$$\text{ROOH} + \text{ROH} \rightarrow \text{free radicals,}$$

$$\text{ROOH} + \text{RCOR} \rightarrow \text{free radicals,}$$

$$\text{ROOH} + \text{RCOOH} \rightarrow \text{free radicals,}$$

$$\text{R} \cdot + \text{R} \cdot \xrightarrow{k^4} \text{molecular products,}$$

$$\text{R} \cdot + \text{RO}_2 \cdot \xrightarrow{k^5} \text{molecular products,}$$

$$\text{RO}_2 \cdot + \text{RO}_2 \cdot \xrightarrow{k^6} \text{molecular products,}$$

$$\text{RO}_2 \cdot + \text{InH} \xrightarrow{k^7} \text{In} + \text{ROOH.}$$

Methods for protection fats from oxidation. Oxidation inhibitors. Atmospheric oxygen is easily soluble in fats. The oxygen dissolved in fats initiates the oxidative processes of especial activity that cannot be prevented during storage of oil enriched by oxygen even in the atmosphere of inert gases. So, in pumping out the molten fats and unloading them from tank vessels it is necessary to use devices preventing the fats from air ingress before their storage. Besides, there should be used the deaeration of fats and oils before storage and in the course of their treatment. However, the deaeration and inert gases cannot always be applied. For example, when oils are placed in the oxygen-penetrative package together with other products. In these cases, a significant effect is achieved by the use of oxidation inhibitors as well as their mixtures in different ratios. Their actions make themselves evident in the increase of the induction period and reduction of oxidation rate. At present, the oxidation inhibitors are of great importance. Their use can increase oxidative stability of oils and fats, as well as products, which have fatty components. The general mechanism of the oxidation chain in the presence of inhibitors in the system that is under oxidation has the form:

$$\text{RO}_2 \cdot + \text{InH} \rightarrow \text{In} \cdot + \text{ROOH,}$$

$$\text{In} \cdot + \text{ROOH} \rightarrow \text{InH} + \text{RO}_2 \cdot,$$

$$\text{R} \cdot + \text{InH} \rightarrow \text{RH} + \text{In} \cdot,$$

$$\text{RO} + \text{In} \cdot \rightarrow \text{molecular products,}$$

$$\text{RO}_2 \cdot + \text{In} \cdot \rightarrow \text{InH} + \text{molecular products,}$$

$$\text{R} \cdot + \text{In} \cdot \rightarrow \text{R} - \text{In},$$

$$\text{In} \cdot + \text{In} \cdot \rightarrow \text{molecular products,}$$

$$\text{In} \cdot + \text{RH} \cdot \rightarrow \text{InH} + \text{R} \cdot,$$

$$\text{InH} + \text{ROOH} \rightarrow \text{molecular products,}$$

Let's turn now to professional requirements. An interpreter must have a professionally trained voice and be able to use it, as well as know how to restore the voice in case of overstrain. An indispensable professional requirement is pure diction, the absence of speech defects. Proficiency in translation techniques is required.

These include: mnemonics (memorization techniques); the ability to switch to different types of coding; the skill of speech compression and speech deployment; the skill of applying complex types of transformations of descriptive translation, generalization, antonymic translation, compensation [6–16].

#### Conclusions and ideas for further investigation.

A translator needs to be able to use dictionaries and other sources of information. Possession of translation notation, or abbreviated notation, is desirable. The translator must have knowledge of a foreign language at a level close to bilingualism, as well as knowledge of the culture of the people who speak this language. An equally important condition for the success of his professional activity is the active knowledge of the main speech genres and the main types of text both in his native and in a foreign language [17–22]. The translator is obliged to constantly replenish the active vocabulary in both languages. Acquaintance with the technical support of translation. In addition to the actual translation knowledge, the translator must be able to use various equipment that serves his work, as well as auxiliary items. The easiest help for a translator is his notebook. The entries in it are kept vertically, either according to their own system, developed by the translator for themselves, or according to one of the systems popular in the modern translation world. An interpreter (even if he is not a simultaneous interpreter) must be able to use the simultaneous interpreter's booth and have a good knowledge of its structure and technical equipment: microphones, switching buttons, monitor. In the event of a malfunction or unsatisfactory sound quality in the cockpit, he must immediately report the which is always located near the synchronized cabins. The initial acquaintance with this kind of technology occurs during the training of translators, in the booths of the training conference hall, as well as in specialized classrooms. Translation of the modern level is unthinkable without computer skills, the ability to extract information from dictionaries in electronic form, and the ability to use the Internet. The work of an interpreter in each state is regulated by labor laws. An interpreter can be accepted into the staff of an enterprise or firm or enter into an agreement for the performance of specific work. The content of its activities is always pre-negotiated and fixed in the contract [1–9, 23–28].

#### Список литературы

1. Бухало С.І., Агейчева А.О., Агейчева О.О., Бабаш Л.В., Пшичка Н.Г. Методичні аспекти реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – № 5(1329) – С. 3–10. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01
2. Bartoll E. Parameters for the classification of subtitles. Topics in Audiovisual Translation; [ed. Pilar Orero. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2004. Pp. 53–60.
3. Georgakopoulou P. Subtitling for the DVD industry. Audiovisual translation: language transfer on Screen; ed. J. Diaz Cintas, G. Anderman. Basingstoke : Palgrave Macmillan, 2009. Pp. 21–35.
4. Gottlieb H. Subtitling – a new university discipline. Teaching translation and interpreting. Amsterdam : John Benjamins, 1992. Pp. 161–170.

5. Kovačič I. Subtitling and contemporary linguistic theories. Translation, a creative profession: proceedings XIIth World Congress of FIT. Belgrade 1990. Beograd : Prevodilac, 1991. Pp. 407–417.
6. Venuti L. The Scandals of Translation: Towards an Ethics of Difference. London and New York: Routledge 2009. Pp. 210.
7. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. XXVI INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE MicroCAD-2018, 2018, ch. II, p. 205.
8. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozenko. Distance learning investigation some aspects. XXVI International scientific-practical conference MicroCAD-2018, 2018, ch. II, p. 206.
9. S.I. Bukhhalo, A.O. Ageicheva, O.I. Komarova, L.V. Babash. Intellectual property protection in distance education system. 2018, Bulletin of the National Technical University «KhP». No. 40 (1316). – С. 23–27, doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.04
10. S.I. Bukhhalo, A.O. Ageicheva, Complex projects development problems. XXVII International scientific-practical conference MicroCAD-2019, ch. II, p. 193.
11. Zetzsche J. Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
12. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І., Ольховська В.О. та ін. Приклад постановки задачі експерименту Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП», с. 171.
13. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП», 201 с.
14. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП», 208 с.
15. Бухкало С.І., Іглін С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХП», 2016. № 3. С. 52–57.
16. Бухкало С.І. и др. Математическое моделирование как инструмент модификации отходов полимеров. Вісник НТУ «ХП». 2010, вип. 32, – с. 52–59.
17. Бухкало С.І. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки. (2005) Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХП», № 2, с. 29–33.
18. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП», 2014, № 16, – с. 3–11.
19. Бухкало С.І. Синергетичні процеси утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2017, № 41 (1263), – с. 17–27.
20. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХП». НТУ «ХП», 2018, № 18 (1294), – с. 36–44.
21. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Іглін С.П., Зіпунніков М.М. Можливості розвитку компетентностей екологічнобезпечних проектів утилізації-модифікації. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2018, – № 18 (1294), – с. 3–9.
22. Bukhhalo S.I., Klemes J.J., Tovazhnyanskyu L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. (2018) Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, , Vol.70, pp. 2047–2052.
23. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., ЗІПУННІКОВ М.М. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи): підр. К.: ЦНЛ, 2013. 352 с.
24. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
25. Бухкало С.І., Білоус О.В. и др. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2016. 470 с.
26. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХП». С. 217.
27. 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 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 320.
28. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнута М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, 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 «ХП». С. 342.
29. Ситник В.В., Яценко Б.С., Бухкало С.І., Сирку М.А., Касьян А.С., Оса О.В. Визначення експериментальних властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХП». С. 343.

## References (transliterated)

1. Bukhhalo S.I., Ageicheva A. O., Ageicheva O. O., Babash L. V., Pshychkina N. G. Metodichni aspekty reformuvannya dy`stancijnogo navchannya v sy`stemi vy`shhoyi osvity`. Visnyk NTU «KhPI». Kharkiv: NTU «KhPI», 2020. – No. 5(1359). – pp. 3–10. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01
2. Bartoll E. Parameters for the classification of subtitles. Topics in Audiovisual Translation; [ed. Pilar Orero. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2004. Pp. 53–60.
3. Georgakopoulou P. Subtitling for the DVD industry. Audiovisual translation: language transfer on Screen; ed. J. Diaz Cintas, G. Anderman. Basingstoke : Palgrave Macmillan, 2009. Pp. 21–35.
4. Gottlieb H. Subtitling – a new university discipline. Teaching translation and interpreting. Amsterdam : John Benjamins, 1992. Pp. 161–170.
5. Kovačič I. Subtitling and contemporary linguistic theories. Translation, a creative profession: proceedings XIIth World Congress of FIT. Belgrade 1990. Beograd : Prevodilac, 1991. Pp. 407–417.
6. Venuti L The Scandals of Translation: Towards an Ethics of Difference. London and New York: Routledge 2009. Pp. 210.
7. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. XXVI International scientific-practical conference MicroCAD-2018, Kh.: NTU «KhPI», 2018, ch. II, p. 205.
8. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozenko. Distance learning investigation some aspects. XXVI International scientific-practical conference MicroCAD-2018, Kh.: NTU «KhPI», ch. II, p. 206.
9. S.I. Bukhhalo, A.O. Ageicheva, O.I. Komarova, L.V. Babash. Intellectual property protection in distance education system. 2018, Bulletin of the National Technical University «KhP». No. 40 (1316). – С. 23–27, doi:10.20998/2220-4784.2018.40.04
10. S.I. Bukhhalo, A.O. Ageicheva, Complex projects development problems. XXVII International scientific-practical conference MicroCAD-2019, – Kh.: NTU «KhPI», 2019, ch. II, p. 193.
11. Zetzsche J. Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
12. 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, tehnika, tehnologiya, osvita, zdorov`ya: tezy` dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovy`prakty`chnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: u 5 ch. Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», s. 171.
13. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob`ektiv intelektual`noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov`ja: tezi dopovidej XXVI

- mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja. Ch. II / za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI». 201 p.
14. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noï vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018 r. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI». 208 p.
  15. Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnih zmin pri ekspluatacii polimernih virobiv. Integrovani tehnologii ta energoberezhennja. Visny'k NTU «KhPI». 2016. № 3, pp. 52–57.
  16. Bukhhalo S.I. i dr. Matematicheskoe modelirovanie kak instrument modifikacii othodov polimerov. Visny'k NTU «KhPI». Kharkiv: NTU «KhPI». 2010, vip. 32, pp. 52–59.
  17. Bukhhalo S.I. K vo'prosu jenergosberezenija processa aglomerirovanija polimernoj upakovki. Integrovani tehnologii ta energoberezhennja. Kh.: NTU «KhPI», 2005, № 2, pp. 29–33.
  18. Bukhhalo S.I. Udoskonaljvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishhij navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». NTU «KhPI». 2014, № 16, pp. 3–11.
  19. Bukhhalo S.I. Sinergetichni procesi utilizacii-modifikacii polimernoï chastki TPV. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2017, № 41 (1263), pp. 17–27.
  20. Bukhhalo S.I. Sinergetichni modeli dlja ekologichnobepechnih procesiv identifikacii-klasifikacii vtorinnyh polimeriv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2018, № 18 (1294), pp. 36–44.
  21. Bukhhalo S.I., Ol'hov's'ka O.I., Iglin S.P., Zipunnikov M.M. Možlivosti rozvitku kompetentnostej ekologichnobepechnih proektiv utilizacii-modifikacii. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2018, № 18 (1294), pp. 3–9.
  22. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, Vol.70, pp. 2047–2052.
  23. Tovazhnyansky L.L., Bukhhalo S.I., Zipunnikov M.M. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi): Pidruchnik. K.: CNL, 2013. 352 p.
  24. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
  25. Bukhhalo S.I. at all. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2016. – 470 p.
  26. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noï tehnologii kompleksnih kursivih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, 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. Kharkiv: NTU «KhPI». 217 p.
  27. Prishhenko O.P., Chernogor T.T., Bukhhalo S.I. Dejaki osoblivosti provedennja koreljacijnogo analizu. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, 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», p. 320.
  28. Sirku M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Mirosnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannja kompleksnogo vznachennja vlastivostej sirovini u mezhah kursivih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, 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. Kharkiv: NTU «KhPI», p. 342.
  29. Sitnik V.V., Jacenko B.S., Bukhhalo S.I., Sirku M.A., Kas'jan A.S., Osa O.V. Vznachennja eksperimental'nyh vlastivostej sirovini u mezhah kursivih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI», p. 343.

*Надійшла (received) 19.10.2022*

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

**Бухало Світлана Іванівна (Bukhhalo Svetlana Ivanovna, Bukhhalo Svetlana Ivanovna)** – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com

**Агейчева Анна Олександрівна (Ageicheva Anna Aleksandrovna, Ageicheva Anna Oleksandrivna)** – кандидат педагогічних наук, декан факультету філології, психології та педагогіки, 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](mailto:ageicheva@ukr.net)

**Белянський Олександр Миколайович (Belyanskiy Aleksandr Nikolaevich, Belyanskiy Oleksandr Mykolaiyuvych)** – магістрант кафедри германської філології та перекладу, Національний університет «Полтавська політехніка імені Ю. Кондратюка». ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-0660> e-mail: [ageicheva@ukr.net](mailto:ageicheva@ukr.net)

**Пищкіна Наталія Георгіївна (Pshychkina Nataliia Heorhiivna)** – викладач спеціальних дисциплін Полтавського коледжу нафти і газу, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна e-mail [pshychkina.natali.georg@ukr.net](mailto:pshychkina.natali.georg@ukr.net)

**Роженко Інеса Віталіївна (Rozhenko Inesa Vitaliivna, Rozhenko Inesa Vitaliivna)** викладач кафедри іноземних мов з латинською та медичною термінологією Полтавський державний медичний, м. Полтава, Україна ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8334-5087> e-mail [ageicheva@ukr.net](mailto:ageicheva@ukr.net)

**С. БУХКАЛО, А. АГЕЙЧЕВА, Н. ПИЩКІНА, И. РОЖЕНКО, А. БЕЛЯНСКИЙ  
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ  
ПЕРЕВОДЧИКОВ ОТРАСЛЕВОГО ПЕРЕВОДА**

Статья посвящена исследованию формирования профессиональных компетенций при подготовке специалистов полевого перевода, в частности закономерностям англо-украинского перевода. Это связано с необходимостью комплексного исследования языковых, культурных и психологических особенностей англо-украинского перевода в отрасли. Такие профессиональные компетенции отраслевого перевода сегодня приобретают большое значение, поскольку наблюдается расширение общественно-политических, экономических, культурных связей между государствами. Исследованы основные аспекты профессиональной компетентности. Проведен комплексный анализ формирования профессиональной компетентности при подготовке специалистов по переводу на выездные темы. Выявлены особенности формирования профессиональной компетентности. Описано исследование главных качеств учебно-полевого перевода. Установлено, что для переводчика важно иметь профессиональную компетентность. Результаты этой работы имеют большое значение для специалистов-переводчиков.

**Ключевые слова:** отраслевой перевод, обучение, профессиональная компетентность, формирование профессиональных компетенций

**E. A. CHERNUSHENKO, A. V. NOVIK, YU. M. HRYSHCHENKO-MOROZ**

## **WAYS OF ENSURING FOOD SAFETY IN UKRAINE UNDER THE CURRENT EPIDEMIC SITUATIONS**

The world faces an unprecedented pandemic threat caused by the SARS-CoV-2 virus. The Ukrainian food industry should have a food safety management and control system during pandemics. The paper considers the general principles of food hygiene, aimed at the introduction of hygienic control at each stage of the processing chain, production and sales of food products to prevent food contamination during epidemics. The main recommendations of the WHO and the Ministry of Health of Ukraine on preventing the spread of the virus in food enterprises and ensuring food safety in the world and their implementation during a pandemic in Ukraine were considered. Attention is focused on the recommendations on the use of disinfectants for the treatment of surfaces in contact with food, effective when used against viruses. Several classes of compounds recommended for use as disinfectants have been considered, their potential toxicity and mechanism of action were given. In the article it was analyzed the main measures that are effectively used to ensure the non-proliferation of the virus in the workplaces of food enterprises, retail chains and catering establishments. The use of Internet in case of receiving orders and delivering food from retail chains and catering is one of the most promising way out of the situation during a pandemic.

**Keywords:** food safety, hygienic control, disinfectants, coronaviruses

**Introduction.** Today, when the world is faced with the threat of a rapid spread of the pandemic, the issue of food security is more urgent than ever. Leaders of the international organizations FAO, WHO and WTO state: "As countries take measures to stop the rapid spread of the COVID-19 pandemic, they must proceed with extreme caution and minimize the potential impact on food products" [1].

Human health and ensuring the safety of food products are critically important for survival in the conditions of modern epidemic situations.

Food safety agencies have conducted several risk assessments to determine whether food, food contact materials and food packaging pose a potential food safety risk associated with SARS-CoV-2.

According to the authoritative literature, everyone agrees that there is currently no evidence that SARS-CoV-2 poses a food safety risk. Thus, in terms of hazard and risk, the overall potential risk of contracting COVID-19 through contaminated food or food packaging appears to be very low. Therefore, SARS-CoV-2 is not considered a foodborne virus. It remains predominantly a respiratory virus that can also enter the bloodstream through the mucous membranes of the eyes.

Considering that one of the symptoms of COVID-19 is diarrhea, there is still no exact answer to the questions: how well SARS-CoV-2 survives when passing through the human stomach; what concentration of SARS-CoV-2 is needed to infect people through the gastrointestinal tract; whether SARS-CoV-2 can actually enter the bloodstream through the gastrointestinal tract, food safety issues remain relevant and not well understood.

**Analysis of literature data and problem statement.** According to Peter Alexander, an expert on global food security from the University of Edinburgh, "panic buying" has become a common phenomenon in many areas, leading to shortages of goods on supermarket shelves. There were certain disruptions in the supply chain of a number of goods; which were imported to the US from China, due to their shortage. An

increase in prices was observed in some regions. The U.S. Food Retail Group has advised retailers to expedite orders and consider rationing to prevent empty shelves

Food shipments to restaurants and cafes fell by 75% in Latin America, and markets in North America and the Middle East fell by 90% by the end of March. Later, when demand for certain agricultural products fell due to quarantines and restaurant closures, farmers reported surpluses of some commodities, including potatoes in the Netherlands and milk in the US state of Wisconsin [2].

During the pandemic, there has been a significant increase in the number of online grocery purchases. Small-scale farmers have started to use digital technologies as a way to sell their products directly, and agriculture has started to receive direct financial support from local governments, all of which have led to an increase in direct sales of agricultural products [3].

In such circumstances, maintaining the health and safety of all food production and delivery workers is critical to survival in the current pandemic. Keeping food moving through the food chain is the most important function to which all members of the food chain must contribute. It is also needed to maintain consumer confidence in food safety and availability [4].

The food industry must have food safety management systems based on the principles of hazard analysis and critical control to manage food safety risks and prevent food contamination. Food safety management systems in the food industry are supported by the necessary programs that include good hygiene practices, cleaning and sanitation, zoning of processing areas, supplier control, storage, distribution and transportation, personnel hygiene and fitness for work – all essential conditions and measures necessary to maintain the hygienic condition of the food processing environment [5]. coronavirus pandemic is the Guide for food enterprises "COVID-19 and food safety", developed by the World Health Organization and the Food and Agriculture Organization of the United Nations [1].

© Chernushenko E.A., Novik A.V.,  
Hryshchenko-Moroz YU.M., 2022

The main document that regulates the hygienic requirements for food products in the conditions of the This document consists of 10 paragraphs and contains key instructions and recommendations regarding the organization of hygienic safety of food products, the personnel of the food enterprise, in fact, the food enterprise itself and places of direct sale of food products.

In Paragraph I "Possible transmission of the COVID-19 virus through food". COVID-19 is a respiratory disease and the main route of transmission is person-to-person contact and direct contact with airborne droplets released when an infected person coughs or sneezes. To date, there is no evidence that viruses that cause respiratory diseases are transmitted through food or food packaging. Coronaviruses cannot reproduce in food; they need an animal or human body to reproduce. Personal protective equipment, such as masks and gloves, can be effective in reducing the spread of viruses and diseases in the food industry, but only if used correctly.

Paragraph II "Food workers: knowing the symptoms of COVID-19". Personnel working in the food industry should be aware of the symptoms of COVID-19. Food business operators need to provide written instructions to staff on reporting such symptoms and exclusion from the work process. The most important issue is to enable staff to recognize symptoms in a timely manner, seek appropriate medical attention and tests, and minimize the risk of infecting colleagues.

Paragraph III, "Preventing the Spread of COVID-19 in the Food Service Environment», requires food service workers to be provided with written instructions and training on how to prevent the spread of COVID-19. Food safety measures in food premises must continue to meet the highest hygiene standards in accordance with those established by the food safety management system. Paragraph III provides a list of personal hygiene rules.

According to paragraph IV of the "Guidelines for the Use of Disposable Gloves for Food Workers", food workers may use gloves, but they must be changed frequently and hands should be washed between and after removing gloves. Gloves should be changed after non-food activities such as manually opening/closing doors and emptying trash cans. Food workers should avoid touching their mouths and eyes while wearing gloves.

Paragraph V "Food Service Workers: Physical Distancing in the Work Environment" highlights the critical role of physical distancing in slowing the spread of COVID-19. According to WHO recommendations, this distance between employees should be at least one meter (3 feet).

Paragraph VI "Food Workers: COVID-19 in the Workplace" states that food service establishments have recommendations for treating food service workers' illnesses, as well as guidance on staff illness reporting and a return-to-work policy after recovery.

Staff should be aware that they cannot report to work with symptoms of COVID-19 but should report them by phone. Personnel who are not feeling well should not go to work and should seek medical attention.

The WHO recommends that a confirmed case be released from isolation as soon as they are symptom-free and have received two negative PCR test results within at least 24 hours. If testing is not possible, WHO recommends that a confirmed case be released from isolation 14 days after symptoms have resolved.

Paragraph VII "Employees of the food industry: transportation and delivery of food ingredients and products." The virus can enter the premises of the enterprise only when an infected person gets there or infected products or objects are brought there.

Drivers and other food delivery personnel must not exit their vehicles during delivery, must use hand sanitizer before handing over delivery documents to food premises personnel, be aware of potential risks, related to the contact transmission of COVID-19, about physical distancing when receiving and handing over goods to customers, as well as the need to maintain a high degree of personal hygiene and wear clean protective clothing, so that all shipping containers are kept clean and frequently disinfected, products are protected from contamination and stored separately from other goods that may cause contamination.

Paragraph VIII "Points of sale of food products." This paragraph contains practical measures that retailers can take to manage the number of customers and prevent the spread of the virus: regulating the number of customers entering the store to avoid crowds.

Paragraph IX "Open grocery counters in commercial premises". mandates hygiene around open food stalls such as salad bars, fresh produce and baked goods. Consumers should always be advised to wash fruits and vegetables with potable water before consumption. Both customers and staff are required to maintain strict personal hygiene around open food stalls at all times.

Paragraph X "Food industry workers: canteens for staff." Worker canteens in major service centers such as food processing and food retail must remain open when there are no practical alternatives to obtain food [1].

In Ukraine, the manufacturer is responsible for the safety of food products for the public, and the state controls it within the framework of the functions and competences of Ukraine on food safety issues and the State Consumer Protection Service.

Staff working in food premises must be provided with written instructions and training to prevent the spread of COVID-19. Normal fitness-for-work procedures used by food businesses as part of their food safety management system should ensure that infected workers are excluded from food premises.

These measures are expected to protect staff from the spread of COVID-19 among workers, maintain a healthy workforce, and identify and exclude infected food handlers and their direct contacts from the workplace [13].

**Ways of development of this direction.** From the time the virus emerged until today, there is no evidence that people can become infected with the virus through food. Most often, the Covid-19 virus can be transmitted from person to person through sneezing or coughing. But droplets containing the virus can remain on the surface for some time. A person who touches a contaminated surface of food or packaging and then touches their own mouth, nose, or eyes is at risk of contracting the virus [6]. According to research [7, 11], coronaviruses can survive up to two years at  $-20^{\circ}\text{C}$  and are sensitive to heat treatment. Therefore, eating raw or undercooked animal products should be avoided. At cooling temperature  $t$  ( $4^{\circ}\text{C}$ ) MERS-CoV can remain viable for up to 72 hours [7]. In food products, virus inactivation occurs during heat treatment. Kampf et al. [8] reported that coronaviruses, including SARS-CoV-1, can be reduced by at least 4 log by heat treatment such as  $60^{\circ}\text{C}$  for 30 minutes,  $65^{\circ}\text{C}$  for 15 minutes or  $80^{\circ}\text{C}$  for 1 minute. Chin et al. [9] found that SARS-CoV-2 decreased by about 7 logs after heat treatment at  $70^{\circ}\text{C}$  for 5 minutes. In addition, ANSES [10] concluded that food exposure to  $63^{\circ}\text{C}$  for 4 minutes would be sufficient to kill coronaviruses.

Low freezing temperatures preserve viruses. Fisher et al. [12] found that SARS-CoV-2 did not decrease in titer and was able to survive for 3 weeks in inoculated chicken, pork, and salmon cuts stored at 4,  $-20$ , and  $-80^{\circ}\text{C}$ . In addition, Mullis et al. [13] demonstrated that bovine coronavirus present on lettuce stored at  $4^{\circ}\text{C}$  retained its infectivity for at least 14 days. In addition, the coronavirus survived well for 2 days on lettuce leaves stored at  $4^{\circ}\text{C}$ , but did not survive on the surface of strawberries, possibly due to their acid content. [7, 14].

At cooling temperature ( $4^{\circ}\text{C}$ ) Rabenau et al. [11] found no loss of infectious titer for SARS-CoV-1. Given that freezing is not generally seen as a method of killing viruses in food, but rather as a preservation method. Fisher et al. [12] found that infectious SARS-CoV-2 did not decrease in titer and was able to survive for 3 weeks in inoculated pieces of chicken, pork and salmon stored at 4,  $-20$  and  $-80^{\circ}\text{C}$ . In addition, Mullis et al. [13] demonstrated that bovine coronavirus present on lettuce stored at  $4^{\circ}\text{C}$  retained its infectivity for at least 14 days. In addition, coronavirus survived well for 2 days on lettuce leaves stored at  $4^{\circ}\text{C}$ , after which it rapidly declined, but did not survive on the surface of strawberries, possibly due to acidity [7, 14].

The effect of acidity on the inactivation of coronaviruses has been noted: it is stable at pH (3–10) at room temperature, but at alkaline  $\text{pH}>12$  or acidic  $\text{pH}<3$  and ultraviolet radiation, the virus can be inactivated [7].

Alternative non-thermal physical disinfection methods include ultraviolet (UV) light, pulsed light, ionizing radiation, and high-intensity ultrasound [15].

The Ministry of Health of Ukraine noted: "Current data on other strains of coronaviruses show that although coronaviruses appear to be stable at low and freezing temperatures for a certain period, food hygiene and proper food safety methods can prevent their

transmission through food. In particular, coronaviruses are heat-labile, meaning they are sensitive to normal cooking temperatures ( $70^{\circ}\text{C}$ ). Therefore, generally, consumption of raw or undercooked animal products should be avoided. Raw meat, raw milk, or raw animal organs should be handled with care, to avoid cross-contamination of raw food". The virus can enter food production only from an infected person, and then through infected raw materials, ingredients, materials or objects. Personal protective equipment against viruses among food workers, such as masks and gloves, has shown to be effective. Food businesses also used physical distancing and strict hygiene measures during production, frequent and effective handwashing and sanitizing at every stage of production [16]. In addition, effective in spreading the virus was a 14-day quarantine of people since the last contact with a confirmed case. The hygiene recommendations followed by the staff are as follows: proper hand hygiene - washing hands with soap and water for at least 20 seconds; frequent use of alcohol-based hand sanitizers; covering your mouth and nose when coughing or sneezing; frequent disinfection of work surfaces and places of possible contact; avoiding close contact with people who have symptoms of a respiratory disease [1].

Food retailers have been supplying the population on a daily basis during the pandemic and have faced challenges in maintaining the highest standards of hygiene. Measures were taken to protect personnel from the risk of infection (the use of masks, goggles, protective shields, and rubber gloves), physical distancing was observed in queues when working with a large number of customers, shopping baskets, containers, carts, door handles, conveyor belts were treated with disinfectants. One of the important aspects of providing retailers with food is their delivery. To avoid transmission of the virus through surface contact, food vendors ensure frequent handwashing, use of hand sanitizers, and protective clothing. As an additional level of personnel protection, plexiglass barriers have been installed at the cash desks and counters, and customers are encouraged to make contactless payments. To reduce the risk of disease transmission, food retailers are managing queues according to physical distancing guidelines both inside and outside stores (keeping a distance of 2 meters).

Disinfectants, hand sprays and disposable paper towels are installed at the entrance to the shopping facility for visitors. Inside retail establishments, floor markings are provided to facilitate physical distancing, especially in large trading floors and the busiest departments, counters and cash desks [17; 18].

Anti-epidemic measures in public catering establishments for the quarantine period due to the spread of coronavirus disease (COVID-19), approved by the Decree of the Chief State Sanitary Doctor of Ukraine №13 dated 06.10.2021. To ensure safety in public catering establishments, the following measures were taken: queues were not allowed; monitored the availability of antiseptics, detergents and paper towels in



the bathrooms; wet cleaning of production premises and surfaces, places of contact between the hands of staff and customers (door handles, seats, sinks, tables) was carried out using detergents and disinfectants at least once every 2 hours.

Masks and rubber gloves are used for personal protection. The body temperature of visitors was measured by a non-contact method in a restaurant. When a person appeared with an increase in body temperature above 37.2°C or with signs of acute respiratory syndrome, such a person was not allowed into the restaurant. There were markings for standing in accordance with the distance between buyers near crowded places; accommodation of visitors is carried out in accordance with the requirements established by the Cabinet of Ministers of Ukraine; the menu was placed for contactless reading near the entrance or place of ordering; the issuance of orders was carried out in reusable dishes only if there are conditions for mechanized washing of dishes using a dishwasher; used disposable tableware made of cardboard or paper. Dishes and accessories for drinks (sugar, stirrers, straws, etc.) must be in individual packaging; the possibility of non-cash payment is provided [19].

Coronavirus can survive on surfaces PTFE, PVC, ceramic tiles, glass and silicone rubber for at least 5 days, metal and plastic up to 9 days, at 21 to 23°C and 40% humidity SARS-CoV-2 can survive up to 72 hours on plastic and stainless steel, up to 4 hours on copper and up to 24 hours on cardboard [7]. Surface disinfection is one of the methods used to inactivate viruses. For disinfection, agents from various chemical groups are used [20].

Tables 1. Means of surface disinfection in contact with food products

Connection class	Active speech	Release form
Acid	Citric Acid	Disinfectant wipes
	Hydrochloric Acid	Solid drug for breeding
	Dichloroisocyanuric acid	Tablets for dissolution
	Lactic acid	Ready to use disinfectant 8.25%
	Hypochlorous acid	Rostvor is ready to use
	Dodecylbenzenesulfonic acid	Rostvor is ready to use
Salt	Sodium chloride	Solid drug for breeding.
	Sodium hypochlorite	Ready to use 2.2% sodium hypochlorite solution
Quaternary Ammonium	Quaternary Ammonium	Ready to use 20% solution
Peroxide	Hydrogen Peroxide	Rostvor is ready to use
	Potassium peroxomonosulfate	Rostvor is ready to use
Alcohol	Ethanol	Wet wipes 60-90%
	Isopropanol	Rostvor is ready to use 70%
Phenols	Thymol	Ready to use solution
	Phenol	Rostvor is ready to use (spray)

The choice of a disinfectant for the treatment of surfaces in contact with food is determined by the type of contamination, the recommended concentration of the working solution and the time of contact with the surface, the resistance of the surface material to the disinfectant, toxicity parameters, ease of use and stability of the agent.

The choice of disinfectant should be guided by the requirements of local health authorities. Use of chlorine-containing products Hypochlorite-based products are available in liquid form (sodium hypochlorite, hypochlorous acid). These reagents are dissolved in water to form a chlorine-containing aqueous solution required concentration, in which the antimicrobial agent is undissociated hypochlorous acid (HOCl). Hypochlorites have antimicrobial activity against a wide range of microorganisms, at a concentration of 0.05% (inactivation time 5 minute) hypochlorite solution is active against viruses. In the context of COVID-19, it is advisable to use working solutions at the recommended concentration of 0.1%. Chlorine-containing products have an odor that can adversely affect people's well-being, for example, provoke attacks of bronchial asthma. At high concentrations, chlorine can cause irritation of the skin and mucous membranes [20].

The use of phenols is effective against microbes, fungi and viruses. The composition of these substances includes hydroxyl and aromatic groups. Often carbolic acid and thymol are mainly used. However, phenols are toxic compounds and people with hypersensitivity can harm them. It is very quickly absorbed and can lead to toxic poisoning of the whole organism. Phenols are due to the negative effects of phenol on the central nervous system, heart, blood vessels, lungs and kidneys.

Hydrogen peroxides, being strong oxidizing agents, which are based on the formation of free radicals that damage cell membrane lipids, DNA and other important components of a microbial cell, easily decompose to form non-toxic products (inactivation time 1 minute). However, peroxide has a high tissue toxicity (class II) with a pronounced local irritant effect [20].

Of the group of alcohols for disinfection, ethyl and isopropyl alcohols are most widely used. The mechanism of their action is the denaturation of microbial proteins [21]. Alcohols in a concentration of 60-90% for 1-3 minute inactivate active relatively vegetative forms of bacteria and fungi, mycobacteria and enveloped viruses. However, they do not have detergent properties, fix organic contaminants and can damage plastic and rubber products, are highly flammable and evaporate quickly

In addition, the composition of many disinfectants includes reactions, the action of which is associated with the required pH. Disinfectants often include hydrochloric, lactic, hypochlorite, and citric acids.

Thus, disinfectants should only be used that are approved for use, established by the legislation of Ukraine, in accordance with the instructions for their use. Detergents and disinfectants should be effective for use in a pandemic, but should not pose a food safety hazard [20, 22].

Tables 2. Advantages and disadvantages of various groups of disinfectants

Group of disinfectants	Advantages	Disadvantages
Halogenated compounds	A wide range of antimicrobial activity: bactericidal, tuberculocidal, virucidal, fungicidal, sporicidal properties; multipurpose; good solubility in water; fast action; relatively low cost	High aggressiveness towards construction materials. High toxicity, pungent odor, irritating effect on the mucous membranes of the respiratory system and eyes. Bleaching effect on fabrics. Ability to form environmentally hazardous compounds. Sensitivity to the action of inorganic and organic substances, temperature, light, pH.
Peroxides, peroxy compounds, additives and other oxidizing agents	Environmental Safety	Relatively low stability; Aggressiveness towards corrosion-resistant materials; Strong irritating effect of concentrated solutions on the mucous membranes of the respiratory system
Alcohol-containing preparations	A wide range of antimicrobial activity; Environmental Safety; Short exposure during disinfection; No sediment after evaporation;	The possibility of fixing organic contaminants. Easy flammability. Swelling and hardening of plastic, rubber, their further deterioration due to prolonged contact. Inactivation by organic materials. Rapid evaporation, which leads to a decrease in concentration and makes prolonged contact impossible.
Surfactants	No harsh odors. Low level of toxicity. Proper level of detergent properties.	Narrow antiviral spectrum of action. Inability to inactivate RNA-containing hydrophilic viruses that do not have a lipid shell (for example, poliomyelitis viruses, enteroviruses, etc.). The presence of pronounced foaming, which does not allow their use in aerosols.
Phenols	Strong fungicidal, virucidal, bactericidal action.	Poor solubility in water
Acids	A wide range of antimicrobial activity.	Irritating effect on the mucous membranes of the respiratory organs and skin;

However, the use non-optimal disinfectants, reduced exposure time of disinfectants, improper dilution disinfectants, sometimes as a result of ignoring manufacturers' recommendations and non-compliance with hygiene standards, may be ineffective. The effectiveness of chemical disinfectants can be influenced by various parameters, including target microorganism, features of the surface of materials on which microbes are located present, composition of disinfectants, concentration of disinfectants and cleaning and pre-cleaning protocols. Compared to liquid disinfectants, UVC has some advantages because it can be used automatically and remotely, and can be applied to liquids and solids, as well as decontamination air in different types of rooms. Research [23] is focused on the ability of UVC disinfect surfaces contaminated with various microbes, including a coronavirus surrogate SARS-CoV-2 using standard protocols. MUVi-UVC was able to kill 99.999% of all bacteria, fungi, coronaviruses. within 5 minutes.

Ultraviolet (UV) C light (wavelength 200–280) has long been known for its antimicrobial and disinfectant efficacy. It damages DNA, causing dimerization of pyrimidines [23]. The bactericidal effect of UV is used for sanitization and disinfection of various environmental objects - air, water, food and packaging. However, there is no WHO regulation on the use of UV-C sources in food establishments and retail chains to inactivate Covid 19. UV irradiation, which is a progressive method of disinfection, does not change the physical and chemical composition of the product, acts quickly and has a low cost. This method can be recommended as the main method of sterilization and disinfection in the food industry during epidemics.

### Conclusions and ideas for further investigation.

During the pandemic, the Internet began to be widely used to receive orders and then targeted delivery.

Most often, this delivery method was used by restaurants and cafes. Some changes in the food supply chain are likely to remain post-pandemic – online food ordering and delivery, e-commerce, and new food safety risks and concerns that need to be carefully analyzed and acted upon [24].

In addition to selling more food online, food service operators can continue to adapt or even change their business models.

As quarantine restrictions ease, the food industry sector will recover and adapt, and physical distancing measures and increased sanitation and hygiene measures to protect staff health will become part of the daily routine.

Thus, compliance at food industry enterprises with the recommendations of the international organizations FAO, WHO and WTO, the Ministry of Health of Ukraine, as well as the correct use of disinfectants, ultraviolet radiation, and the replacement of work methods using the Internet are quite important. valid and effective anti-epidemiological methods.

## Список літератури

- COVID-19 and Food Safety: Guidance for Food Businesses. Interim guidance 7 April 2020. Reference number WHO. 2019-nCoV.Food\_Safety. 2020. 1. 6 с. URL: <https://www.who.int/publications/item/covid-19-and-food-safety-guidance-for-food-businesses>
- Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382:1564-1567. doi: 10.1056/NEJMc2004973
- Олександра Булейко, Олена Пахомська. Безпека харчових продуктів в період пандемії COVID-19 Вісник студентського наукового товариства «ВАТРА» Вінницького торговельно-економічного інституту КНТЕУ. 2021. Вип.111. С. 35-36. <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=27526.pdf>
- Consequences of the Covid 19 epidemic and quarantine measures for leading sectors of the Ukrainian economy. Study based on the results of in-depth interviews with owners and top managers of Ukrainian companies. Kyiv:Kharkiv, 2020. 188 p.
- Решетило Л. І., Сибірний А.В. Гігієнічна безпека харчових продуктів в період пандемії COVID-19. Матеріали міжнародної конференції: Якість і безпечність харчової продукції і сировини – проблеми сьогодення. Львів, 25 вересня. :2020. С. 47–49. [http://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/fakultety/Tovarovnavcho\\_KomerciyNy/Nauka/conference\\_TU\\_SO\\_2020\\_1\\_.pdf](http://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/fakultety/Tovarovnavcho_KomerciyNy/Nauka/conference_TU_SO_2020_1_.pdf)
- Ghasemi H, Yazdani H, Fini EH, Mansourpanah Y. Interactions of SARS-CoV-2 with inanimate surfaces in built and transportation environments. *Sustain Cities Soc.* 2021. 72. 103031. doi: 10.1016/j.scs.2021.103031. Epub 2021 May 19.
- Anelich L.E.C.M., Lues R., Farber J.M., Parreira V.R. SARS-CoV-2 and Risk to Food Safety. *Front. Nutr., Sec. Nutrition and Food Science Technology.* 2020. 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.580551>
- Kampf G, Voss A, Scheithauer S. Inactivation of coronaviruses by heat. *J Hosp Infect.* 2020. 105:348–9. doi: 10.1016/j.jhin.2020.03.025
- Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, Hui KPY, Yen HL, Chan MCW, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *Lancet Microbe.* 2020. 1:e10. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30113-4
- ANSES. (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety). Opinion on an Urgent Request to Assess Certain Risks Associated with COVID-19. (2020). Available online at: <https://www.anses.fr/en/system/files/SABA2020SA0037-1.pdf> (accessed April 30, 2020)
- Rabenau HF, Cinatl J, Morgenstern B, Bauer G, Preiser W, Doerr HW. Stability and inactivation of SARS coronavirus. *Med Microbiol Immunol.* (2005) 194:1–6. doi: 10.1007/s00430-004-0219-0
- Fisher D, Reilly A, Kang Eng Zheng A, Cook AR, Anderson DE. Seeding of outbreaks of COVID-19 by contaminated fresh and frozen food. bioRxiv [Preprint]. (2020). doi: 10.1101/2020.08.17.255166
- Mullis L, Saif LJ, Zhang Y, Zhang X, Azevedo MSP. Stability of bovine coronavirus on lettuce surfaces under household refrigeration conditions. *Food Microbiol.* (2012) 30:180–6. doi: 10.1016/j.fm.2011.12.009
- Yépez-Gómez MS, Gerba CP, Bright KR. Survival of respiratory viruses on fresh produce. *Food Environ Virol.* (2013) 5:150–6. doi: 10.1007/s12560-013-9114-4
- Deng LZ, Mujumdar AS, Pan Z, Vidyarthi SK, Xu J, Zielinska M, et al. Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: a comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* (2019) 60:2481–508. doi: 10.1080/10408398.2019.1649633
- Liu Y, Li T, Deng Y, Liu S, Zhang D, Li H, Wang X, Jia L, Han J, Bei Z, Li L, Li J Stability of SARS-CoV-2 on environmental surfaces and in human excreta. *J Hosp Infect.* 2021.107. P. 105-107. doi: 10.1016/j.jhin.2020.10.021. Epub 2020 Nov 1.
- Luong N.M., Guillier L, Martin-Latil S, Batejat C, Leclercq I, Druesne C, Sanaa M, Chaix E. Database of SARS-CoV-2 and coronaviruses kinetics relevant for assessing persistence in food processing plants. *Sci Data.* 2022. 9(1).654. doi: 10.1038/s41597-022-01763-y.
- Krishan K, Kanchan T Aerosol and surface persistence: Novel SARS-CoV-2 versus other coronaviruses. *J Infect Dev Ctries.* 2020. 14(7). P. 748-749. doi: 10.3855/jidc.12887.
- Постанова Міністерства охорони здоров'я України 06.10.21 №13 «Про затвердження протиепідемічних заходів в закладах громадського харчування на період карантину у зв'язку з поширенням коронавірусної хвороби (COVID-19)» <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0013488-21#Text>
- Список N: продукты, в отношении которых поданы заявки об эффективности против новейших вирусных патогенов и коронавирусной инфекции человека, для применения при SARS-CoV-2. Дата обращения: 15.05.2020 [https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-05/documents/052620\\_russian\\_051520\\_pdf\\_list\\_n\\_products\\_accessed\\_05152020.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-05/documents/052620_russian_051520_pdf_list_n_products_accessed_05152020.pdf)
- Larson, E.L. and Morton, H.E. (1991) Alcohols. In: Block, S.S., Ed., *Disinfection, Sterilization, and Preservation*, 4th Edition, Lea and Febiger, Philadelphia, PA, 191-203.
- Kutter, J. S., Spronken, M. I., Fraaij, P. L., Fouchier, R. A. & Herfst, S. Transmission routes of respiratory viruses among humans. *Curr Opin Virol* 28, P. 142–151, <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2018.01.001> (2018).
- Mahjabeen Khan, Murray McDonald, Kaustubh Mundada, Mark Willcox. Efficacy of Ultraviolet Radiations against Coronavirus, Bacteria, Fungi, Fungal Spores and Biofilm. *Hygiene* 2022, 2(3), P. 120-131; <https://doi.org/10.3390/hygiene2030010>
- Advice to the public regarding novel coronavirus (COVID-19) infection. WHO. 2019-nCoV. Food Safety. 2022. 1. 6 с. URL: <https://www.who.int/ru/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>
- 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
- Бухало С.И., Земелько М.Л. Дослідження впливу деяких технологічних параметрів на реологічні характеристики різновидів шоколадних глазурей. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2021. – № 1 (1361). – с. 62–70.
- Білоус О.В., Демидов І.М., Бухало 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.

## References (transliterated)

1. COVID-19 and Food Safety: Guidance for Food Businesses. Interim guidance 7 April 2020. Reference number WHO. 2019-nCoV.Food\_Safety. 2020.1 – 6 c. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/covid-19-and-food-safety-guidance-for-food-businesses>
2. Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382:1564-1567. doi: 10.1056/NEJMc2004973
3. Oleksandra Buleiko, Olena Pakhomskya. Food safety during the COVID-19 pandemic Bulletin of the student scientific society "VATRA" of the Vinnytsia Trade and Economic Institute of KNTEU. 2021. Issue 111. P. 35-36. <https://ir.vtei.edu.ua/g.php?fname=27526.pdf>
4. Consequences of the Covid 19 epidemic and quarantine measures for leading sectors of the Ukrainian economy. Study based on the results of in-depth interviews with owners and top managers of Ukrainian companies. Kyiv:Kharkiv, 2020. 188 p.
5. Reshetylo L. I., Sybirny A. V. Hygienic safety of food products during the COVID-19 pandemic. Materials of the international conference: Quality and safety of food products and raw materials - today's problems. Lviv, September 25:2020. P. 47-49. [http://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/fakultety/Tovarovna\\_vcho\\_Komercijny/Nauka/conference\\_TUSO\\_2020\\_1\\_.pdf](http://www.lute.lviv.ua/fileadmin/www.lac.lviv.ua/data/fakultety/Tovarovna_vcho_Komercijny/Nauka/conference_TUSO_2020_1_.pdf)
6. Ghasemi H, Yazdani H, Fini EH, Mansourpanah Y. Interactions of SARS-CoV-2 with inanimate surfaces in built and transportation environments. *Sustain Cities Soc.* 2021. 72. 103031. doi: 10.1016/j.scs.2021.103031. Epub 2021 May 19.
7. Anelich L.E.C.M., Lues R., Farber J.M., Parreira V.R. SARS-CoV-2 and Risk to Food Safety. *Front. Nutr., Sec. Nutrition and Food Science Technology.* 2020. 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.580551>
8. Kampf G, Voss A, Scheithauer S. Inactivation of coronaviruses by heat. *J Hosp Infect.* 2020. 105:348-9. doi: 10.1016/j.jhin.2020.03.025
9. Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, Hui KPY, Yen HL, Chan MCW, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *Lancet Microbe.* 2020. 1:e10. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30113-4
10. ANSES. (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety). Opinion on an Urgent Request to Assess Certain Risks Associated with COVID-19. (2020). Available online at: <https://www.anses.fr/en/system/files/SABA2020SA0037-1.pdf> (accessed April 30, 2020)
11. Rabenau HF, Cinatl J, Morgenstern B, Bauer G, Preiser W, Doerr HW. Stability and inactivation of SARS coronavirus. *Med Microbiol Immunol.* (2005) 194:1-6. doi: 10.1007/s00430-004-0219-0
12. Fisher D, Reilly A, Kang Eng Zheng A, Cook AR, Anderson DE. Seeding of outbreaks of COVID-19 by contaminated fresh and frozen food. bioRxiv [Preprint]. (2020). doi: 10.1101/2020.08.17.255166
13. Mullis L, Saif LJ, Zhang Y, Zhang X, Azevedo MSP. Stability of bovine coronavirus on lettuce surfaces under household refrigeration conditions. *Food Microbiol.* (2012) 30:180-6. doi: 10.1016/j.fm.2011.12.009
14. Yépez-Gómez MS, Gerba CP, Bright KR. Survival of respiratory viruses on fresh produce. *Food Environ Virol.* (2013) 5:150-6. doi: 10.1007/s12560-013-9114-4
15. Deng LZ, Mujumdar AS, Pan Z, Vidyarthi SK, Xu J, Zielinska M, et al. Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: a comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* (2019) 60:2481-508. doi: 10.1080/10408398.2019.1649633
16. Liu Y, Li T, Deng Y, Liu S, Zhang D, Li H, Wang X, Jia L, Han J, Bei Z, Li L, Li J Stability of SARS-CoV-2 on environmental surfaces and in human excreta. *J Hosp Infect.* 2021.107. P. 105-107. doi: 10.1016/j.jhin.2020.10.021. Epub 2020 Nov 1
17. Luong N.M., Guillier L, Martin-Latil S, Batejat C, Leclercq I, Druenes C, Sanaa M, Chaix E. Database of SARS-CoV-2 and coronaviruses kinetics relevant for assessing persistence in food processing plants. *Sci Data.* 2022. 9(1).654. doi: 10.1038/s41597-022-01763-y.
18. Krishan K, Kanchan T Aerosol and surface persistence: Novel SARS-CoV-2 versus other coronaviruses. *J Infect Dev Ctries.* 2020. 14(7). P. 748-749. doi: 10.3855/jidc.12887.
19. Decree of the Ministry of Health of Ukraine 06.10.21 No. 13 "On the confirmation of anti-epidemic entry into the mortgages of the public eating for the period of quarantine in connection with the spread of corona virus disease (COVID-19)" <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0013488-21#Text>
20. List N: Products with applications for efficacy against emerging viral pathogens and human coronavirus infection for use in SARS-CoV-2. Accessed: 05/15/2020 [https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-05/documents/052620\\_russian\\_051520\\_pdf\\_list\\_n\\_products\\_accessed\\_05152020.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-05/documents/052620_russian_051520_pdf_list_n_products_accessed_05152020.pdf)
21. Larson, E.L. and Morton, H.E. (1991) Alcohols. In: Block, S.S., Ed., *Disinfection, Sterilization, and Preservation*, 4th Edition, Lea and Febiger, Philadelphia, PA, 191-203.
22. Kutter, J. S., Spronken, M. I., Fraaij, P. L., Fouchier, R. A. & Herfst, S. Transmission routes of respiratory viruses among humans. *Curr Opin Virol* 28, P. 142-151, <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2018.01.001> (2018).
23. Mahjabeen Khan, Murray McDonald, Kaustubh Mundada, Mark Willcox. Efficacy of Ultraviolet Radiations against Coronavirus, Bacteria, Fungi, Fungal Spores and Biofilm. *Hygiene* 2022, 2(3), P. 120-131; <https://doi.org/10.3390/hygiene2030010>
24. Advice to the public regarding novel coronavirus (COVID-19) infection. WHO. 2019-nCoV. Food\_Safety. 2022. 1. 6 c. URL: <https://www.who.int/ru/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>
25. 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
26. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja vplivu dejakih tehnologichnih parametriv na reologichni charakteristiki riznovidnih shokoladnih glazurej. *Visnik NTU «KhPI»*. – H.: NTU «HPI». 2021. – № 1 (1361). – pp. 62-70.
27. 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.

Надійшла (received) .30.10.2022

**Чернушенко Олена Олександрівна (Чернушенко Елена Александровна, Chernushenko Elena Alexandrovna)** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6386-7646>;

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

**Новік Ганна Вікторівна (Новик Анна Викторовна, Novik Anna Victorovna)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна;

ORCID: 0000-0003-4045-4878 ;

e-mail: [novik.anna.82@gmail.com](mailto:novik.anna.82@gmail.com)

**Грищенко-Мороз Юлія Михайлівна, (Грищенко-Мороз Юлия Михайловна, Hryshchenko-Moroz Yulia Mikhailivna)** – студентка кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна;

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

**Е. А. ЧЕРНУШЕНКО, А. В. НОВИК, Ю. М. ГРИЩЕНКО-МОРОЗ**

### **ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПИТАНИЯ В УКРАИНЕ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ**

Мир столкнулся с беспрецедентной угрозой пандемии, вызванной вирусом SARS-CoV-2. Пищевая промышленность Украины должна иметь систему управления и контроль безопасности пищевых продуктов в периоды пандемий. В работе рассмотрены общие принципы пищевой гигиены, направленной на внедрение гигиенического контроля на каждом этапе цепи обработки, производства и реализации пищевых продуктов для предотвращения заражения пищевых продуктов в период эпидемий. Рассмотрены основные рекомендации ВОЗ и Министерства Здоровья Украины о предотвращении распространения вируса на пищевых предприятиях и обеспечении безопасности питания в мире и их реализация во время пандемии в Украине. Акцентировано внимание на рекомендациях по использованию средств дезинфекции для обработки поверхностей, контактирующих с пищевыми продуктами, эффективными при использовании против вирусов. Было рассмотрено несколько классов соединений, рекомендуемых для использования в качестве дезинфекционных составляющих, учитывая их возможную токсичность и механизм действия. Показаны преимущества использования УФ-С облучения для дезинфекции в пищевой промышленности во время эпидемий. В статье проанализированы основные меры, эффективно используемые для обеспечения нераспространения вируса на рабочих местах пищевых предприятий, торговых сетей и заведений общественного питания. Использование сети интернет для получения заказов и доставки продуктов питания из торговых сетей и общепита является одним из перспективных при условиях пандемии.

**Ключевые слова:** безопасность пищевых продуктов, гигиенический контроль, дезинфицирующие вещества, коронавирусы

**О. О. ЧЕРНУШЕНКО, Г. В. НОВИК, Ю. М. ГРИЩЕНКО-МОРОЗ**

### **ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ХАРЧУВАННЯ В УКРАЇНІ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЕПІДЕМІЧНИХ СИТУАЦІЙ**

Світ зіткнувся із безпрецедентною загрозою від пандемії, спричиненої вірусом SARS-CoV-2. Харчова промисловість України повинна мати системи управління та контроль безпеки харчових продуктів в періоди пандемій. В роботі розглянуті загальні принципи харчової гігієни, спрямованої на впровадження гігієнічного контролю на кожному етапі ланцюга обробки, виготовлення та збуту харчових продуктів для запобігання зараженню харчових продуктів в період епідемій. Розглянуто основні рекомендації ВОЗ та Міністерства Здоров'я України щодо запобігання розповсюдження вірусу на харчових підприємствах та забезпечення безпеки харчування у світі, їх реалізація під час пандемії в Україні. Акцентовано увагу на рекомендаціях щодо використання засобів дезинфекції для обробки поверхонь, що контактують з харчовими продуктами, які є ефективними при використанні проти вірусів. Були розглянуті декілька класів сполук, що рекомендують для використання в якості дезінфекційних складових з огляду на їх можливу токсичність та механізму дії. Показано переваги використання УФ-С опромінення для дезінфекції в харчовій промисловості під час епідемій. В статті проаналізовані основні шляхи, які використовували щодо ефективного забезпечення нерозповсюдження вірусу на робочих місцях харчових підприємств, торговельних мереж та закладів харчування. Використання мережі інтернет для отримання заказів та доставки продуктів харчування з торговельних мереж та закладів харчування є одним із перспективних при умовах пандемії

**Ключові слова:** безпека харчових продуктів, гігієнічний контроль, дезінфікуючі речовини, коронавируси

С. І. БУХКАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ ШОКОЛАДНОЇ МАСИ НА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ ТА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ДЛЯ РІЗНОВИДІВ ГАЛУЗЕЙ

Продовжено дослідження математичних моделей різновидів шоколадних мас як об'єкта харчових виробництв та технологій 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; перешкодження 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 мас. Аналіз отриманих результатів та розрахункових рівнянь дозволив запропонувати рекомендації щодо інтенсифікації процесів виробництва, що ефективно знижує в'язкість композицій на основі какао-масла, та, у свою чергу, дає можливість використовувати їх для часткової заміни лецитину при виробництві конкурентоспроможної харчової продукції. Таким чином, на підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що жир для глазури необхідно вибирати з урахуванням його фізичних властивостей та можливості регулювання реологічних властивостей глазури. Швидкість кристалізації жирів повинна дозволити глазури швидко кристалізуватися після накладання і не розколюватися.

**Ключові слова:** математичні моделі програмування властивостей різновидів шоколадних мас, конкурентоспроможність, реологічні характеристики, інтенсифікація технологічних процесів.

**Вступ.** Актуальність проведення комплексного наукового дослідження шоколадних мас обумовлена необхідністю вдосконалення методів та наукових підходів для їх застосування у різновидах галузей харчових технологій. Виникла нагальна потреба у комплексних дослідженнях властивостей нетрадиційних сировинних компонентів і готових виробів, розробці критеріїв оцінки їх якості та науковому обґрунтуванні термінів придатності. проведення аналізу, а також безпеки досліджених видів продукції із застосуванням шоколадних мас:

- теоретичні та науково-практичні дослідження нетрадиційного виду сировини, а також харчових добавок функціональної дії для розробки рецептур,
- розробка нових видів сировини, що дозволяють максимально стабілізувати якість та безпеку при зберіганні,
- виявлення ролі нетрадиційних та нових видів сировини, харчових добавок у механізмі черствіння та обґрунтування способів регулювання їх структурно-механічних властивостей,
- вибір та дослідження впливу основних жирових компонентів, що формують споживчі властивості різновидів виробів за галузями,
- розробка системи забезпечення якості різновидів виробів при виробництві та зберіганні,
- створення на базі експериментальних розробок виробів покращеної якості та підвищеної харчової цінності,
- забезпечення безпеки споживання різновидів продукції на основі системно-комплексного підходу до формування їх споживчих властивостей,
- визначення шляхів реалізації розроблених технічних рішень на підприємствах різновидів галузей.

Технологічні рішення мають бути такими, щоб забезпечити необхідну якість шоколадних мас для різновидів галузей харчової промисловості. Цього можна досягти з допомогою подальшої розробки різновидів нормативно-технічної документації (НТД).

Наприклад, відповідні розробки створення виробів покращеної якості на основі використання сировини підвищеної харчової та біологічної цінності, встановлені способи їх виробництва [1–3].

Таблиця 1. Деякі складові дослідження

№	Класифікація-ідентифікація деяких складових дослідження за висновками з літературного огляду
1	Визначення ієрархії огляду літератури за визначеним алгоритмом дослідження.
2	Визначення різновидів шоколадних мас для дослідження.
3	Класифікації-ідентифікація різновидів моделей дослідження шоколадних мас для харчових галузей.
4	Наукове обґрунтування складових моделей дослідження за різновидами шоколадних мас.
5	Дослідження науково-технічної документації моделей шоколадних мас за їх властивостями.
6	Наукове обґрунтування складових моделей дослідження – наповнювачі для жиромісних продуктів
7	Наукове обґрунтування складових моделей дослідження – поліпшувачі різновидів властивостей.
8	Наукове обґрунтування складових моделей дослідження – поліпшувачі структури та властивості різновидів харчових продуктів
9	Визначення харчових добавок збереження якості продукції: консерванти, антиокислювачі, ароматизатори

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 [2, 4].

**Аналіз літературних даних та відомості про технологію виробництва.** Об'єкт дослідження – шоколадна маса, як виріб для різновидів галузей харчової промисловості має характеристику харчового багатокомпонентного продукту, готового до використання, має певну задану форму, отриману

© Бухкало С.І., Земелько М.Л., 2022

у результаті технологічної обробки основних видів сировини – цукру і жирів, какао-продуктів, з додаванням або без додавання харчових інгредієнтів, харчових добавок і ароматизаторів [5–17].

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).

**Морозиво як приклад дослідження** застосування шоколадних мас, які одержують шляхом збивання й заморожування молочних або фруктово-ягідних сумішей із цукром, стабілізатором, а для деяких видів – також смаковими й ароматичними наповнювачами (табл. 2).

Морозиво багате на вуглеводи (від 14% у молочновіршкових видах і до 30% у фруктово-ягідних видах), жири (у пломбрі й тортах з морозива – до 17%, у молочному – 15%), білки (4,5% у вигляді казеїну, лактоальбуміну, лактоглобуліну), мінеральними солями (до 0,7%), а також вітамінами [2, 4].

Калорійність молочних, овочевих і фруктових видів морозива становить 5607–6162 кДж/кг, вершкового до – 8360 кДж/кг, пломбіру – 10133 кДж/кг. Консистенція й структура його повинні бути однорідними, без відчутних кристалів льоду, грудочок жиру й стабілізатора. У відповідності зі стандартом, морозиво повинно мати солодкий, чистий, характерний для кожного виду смак.

Таблиця 2. Вимоги до складу морозива

Морозиво	Вміст, %			Кислотність, °Т не більше
	жирів, не менш	цукру, не менш	сухих речовин	
Молочне: ванільне, горіхове, кавове, шоколадне й ін.	3,5	15	29	22
фруктово-ягідне	2,8	16	29	50
крем-брюле	3,5	15	31	22
з карамеллю	3	16	33	40
Вершкове: ванільне, горіхове, шоколадне, цукатове й ін.	10	14	34	22
фруктово-ягідне	8	15	33	50
крем-брюле	10	14	36	22
з карамеллю	9	15	38	40
Пломбір: кавовий шоколадний, з ізомом цукатовий, горіховий,	15	15	40	22
фруктово-ягідний	12	16	38	50
крем-брюле	15	15	42	22
з карамеллю	13,5	15	43	40
Фруктово-ягідне: різновиди.	–	27	30	70
Ароматичне: різновиди	–	25	25	70

Технологія морозива включає велику кількість рецептур з використанням різних видів сировини. Однак, при відсутності тієї або іншої сировини доводиться робити перерахунок компонентів для того, щоб забезпечити в суміші необхідне співвідношення жиру, сухого знежиреного залишку (СЗЗ), цукру та ін.

Глазур та шоколадна маса для морозива виробляються за рецептурами, представленими у таблиці 3. При цьому, масло повільно розігрівають при температурі 35 – 38 °С у котлах з паровим або водним обігрівом. У розплавлене масло додають порошок какао або шоколадний кувертюр (порошок какао попередньо змішують із цукровою пудрою).

Всю масу ретельно перемішують і виливають із котла невеликими порціями у ванночки для глазурування. При температурі вище 40 °С суміш розділяється на складові частини й масло какао спливає. Така перегріта глазур погано лягає на морозиво. Повторний розігрів надає глазури неприємний смак жиру, тому її готують у кількості, що не перевищує денної потреби.

Таблиця 3. Рецептури шоколадної глазури, г на 1 кг

Компонент	Номер рецептури		
	1	2	3
Шоколад кувертюр	–	450	–
Масло какао	65	–	–
Сахарна пудра	195	–	195
Порошок какао	90	–	90
Масло вершкове несолене, вищий сорт	675	675	740

Глазур як складову технології морозива зазвичай визначають як напівфабрикат, її також можуть використовувати для декорування, внесення в масу морозива рослинні жири та олії з відповідними фізико-хімічними показниками, або вершкового масла, або їх сумішей, а також цукру, какао-продуктів, сухих молочних продуктів та інших інгредієнтів та речовин, або ж з цукру, овочів та фруктів або продуктів їх переробки та/або ароматизаторів з додаванням стабілізаторів та інших компонентів.

Глазур для виробництва морозива, відповідно до різновидів НТД, залежно від наповнювачів поділяють на: шоколадну; шоколадну з підвищеним вмістом вологи; молочно-шоколадну; молочно-шоколадну з лецитином; вершково-кремову; крем-брюле; шоколадну з горіхами; горіхову; овочеву, плодово-ягідну; ароматичну; шоколадну з кондитерським жиром; шоколадну з кокосовим чи пальмовим жиром; напівфабрикат-глазур кондитерську для морозива; ароматичну з кондитерським жиром; фруктову; сокове покриття; ароматичне покриття.

Під час технологічних процесів виготовлення глазури може бути, наприклад, охолоджена й насичена повітрям. Глазурувати морозиво можна і шоколадною масою – напівфабрикат вершкового масла з додаванням какао-порошку і/або какао тертого і/або масла-какао та містить какао-продуктів не менше ніж 25 %.

Отримана глазур повинна бути однорідною, без грудочок та органолептичне відчуття частинок цукру, какао-порошку, горіхів, овочів, плодів та ягід. Мікробіологічні та органолептичні показники глазури, яку постачають на підприємство як готовий напівфабрикат, повинні відповідати вимогам НТД. Смак та аромат глазури повинен бути чистим, притаманним даному виду глазури.

Вміст жиру у глазури варіює в межах від 55 % до 70 %. Глазур повинна бути хрусткою та швидко і повністю танути у роті для виникнення гарного смакового відчуття у споживачів. Тому точка плавлення глазури повинна бути нижче 30 °С, інакше глазур не розплавиться при споживанні морозива, бо під час споживання температура в роті знижується.

Технологія приготування глазури залежить від виду жирової основи. Глазур на основі вершкового масла виготовляють, як правило, на підприємстві виробника морозива, а глазур на основі рослинних олій постачають на підприємства зі спеціалізованих цехів. Загальна технологія шоколадної глазури на основі вершкового масла (солонко-вершкового несоленого або любительського) передбачає попереднє розплавлення вершкового масла при температурі  $36 \pm 2$  °С з подальшим додаванням какао-порошку у суміші з цукром-піском або з цукровою пудрою, або з напівфабрикатом шоколадної глазури (за необхідності). Глазурування проводять при тій же температурі, що і виготовлення глазури. Для приготування глазури з підвищеним вмістом вологи попередньо готують цукровий сироп (концентрація цукрози 65 % або 75 %), вносять у нього при температурі  $75 \pm 5$  °С частину вершкового масла, потім решту цукру піску та суміш какао-порошку з залишками вершкового масла. Коли утворюється однорідна консистенція глазури, її пастеризують при температурі  $82 \pm 2$  °С протягом 10 хв та охолоджують до температури  $24 \pm 4$  °С для зниження в'язкості. Перед застосуванням глазур підігрівають до температури  $36 \pm 2$  °С.

У виробництві глазури на основі рослинних жирів передбачають такі основні технологічні операції: приймання та підготовка сировини, змішування та змелення компонентів, конширування, розведення та пастеризація глазури; темперування (для шоколадного покриття), охолодження та формування глазури. При глазуруванні морозива слід враховувати наступне. Глазур на поверхні повинна твердіти досить швидко, рівномірно, утворювати шар заданої товщини, не липнути до пакувального матеріалу та конвеєра. Товщина шару глазури суттєво залежить від режиму глазурування, її обирають відповідно до НТД.

Шоколадна маса – це тонко здрібнений напівфабрикат, який отримано змішуванням цукрової пудри з какао тертим, какао-маслом; можуть бути добавки – сухе молоко, сухі вершки, ядра горіхів, кава й ін. Різновидом шоколадної маси є шоколадна глазур або кувертур. Більшої текучості досягають шляхом збільшення жирності. У залежності від температури шоколадна маса може бути твердою – 32 °С і рідкою – температура понад 32 °С. Значення уявної в'язкості як

функції швидкості зсуву для глазурированої суспензії показано на рисунку 1.

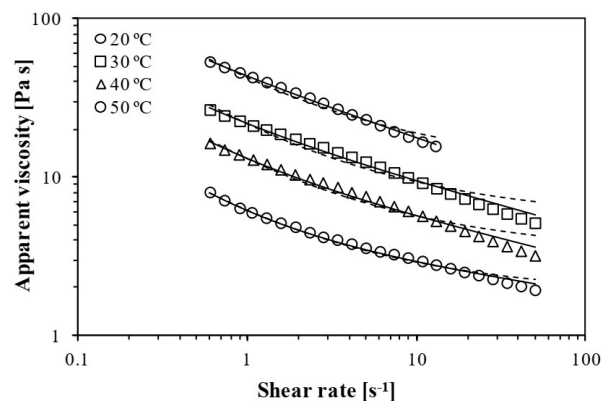


Рис. 1. Уявна в'язкість як функція швидкості зсуву для харчової глазури: – випадок Гершель-Балклі, --- випадок Кессон моделі GNB

За структурою рідка шоколадна маса – суспензія, у якій дисперсійним середовищем є какао-масло, а дисперсною фазою – цукрова пудра і тверді частки тертого какао. Форма кривих потоку вказує на поведінку розрідження при зсуві, де уявна в'язкість зменшується зі збільшенням швидкості зсуву за всіх температур. розрідження при зсуві може виникнути через руйнування структурних одиниць у харчовому продукті через гідродинамічні сили, що виникають під час зсуву. Беручи до уваги склад, то аналізована суспензія для глазурування має високий вміст сахарози (приблизно 80%). Якість шоколадних мас визначається дисперсністю. Під дисперсністю розуміють кількість часток з розміром до 20 мкм у загальній кількості твердих часток. Наприклад, шоколадна маса звичайна з добавками і без добавок містить 92 % таких часток, її дисперсність 92 %. Зберігається тенденція до здорового харчування, яка передбачає використання у складі харчових продуктів натуральних компонентів.

У сучасних технологіях виробництва жировмісних продуктів все частіше задовольняють потребу населення у біологічно повноцінних харчових продуктах та застосовують певні критерії функціональності, відповідно до яких знижують калорійності харчових систем та збагачують їх мікронутрієнтами. Джерелом макро- і мікронутрієнтів для організму людини є рослинна сировина. Додаткові інгредієнти рослинного походження в рецептурах збагачують продукти комплексами біологічно повноцінних компонентів. Задачі дослідження та постановка проблеми:

- класифікація-ідентифікація та вибір поверхнево-активних речовин із жирової сировини різної природи для застосування у складі шоколадної маси;
- класифікація-ідентифікація та вибір фракцій поверхнево-активних речовин рослинних компонентів (РК) для застосування у складі шоколадної маси;
- ієрархія технології за особливостями складових розробки рецептури шоколадної маси з рослинними компонентами;



- ієрархія технології за особливостями складових розробки рецептури шоколадної маси з технологічно-функціональними інгредієнтами;

- оптимізація технологічних режимів виробництва шоколадних мас з технологічно-функціональними інгредієнтами;

Особливості удосконаленої технології полягають у: застосуванні поверхнево-активних речовин із жирової сировини різної природи для виготовлення та використанні інгредієнтів рослинного походження у виробництві шоколадної маси підвищеної біологічної цінності. При цьому дисперсність часточок рослинних інгредієнтів впливає на однорідність консистенції шоколадної маси, але, наприклад, порошок із буряка є дрібнодисперсною системою і, на нашу думку, не буде викликати далі у шоколадній масі суттєвих вад (рис. 2: а) порошок буряка низькотемпературного розпилювального сушіння; б) порошок буряка криогенного сушіння; в) порошок буряка вакуумного сушіння; розмір часток фракції, мкм, а) 1 – < 20, 2 – 20–40, 3 – 40–60, 4 – 80–100, 5 –  $\geq 100$ ; б) 1 – < 10, 2 – 10–20, 3 – 20–30, 4 – 30–40, 5 – 40–50, 6 – 50–60, 7 – 60–70, 8 –  $\geq 80$ ; в) 1 – < 20, 2 – 20–40, 3 – 40–60, 4 – 60–80, 5 – 80–100, 6 – 100–120, 7 – 120–140, 8 –  $\geq 140$ ) [16].

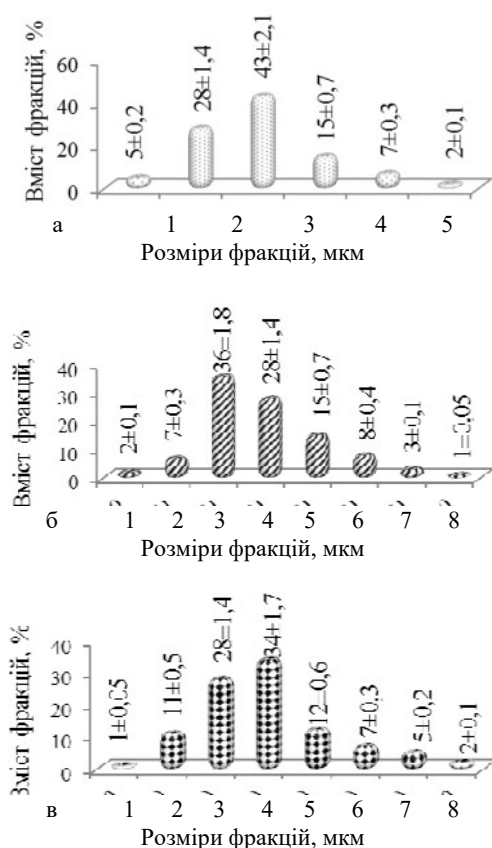


Рис. 2. Приклад зміни гранулометричного складу різновидів РК відповідно до способу виробництва

Встановлені дослідниками [16] середні розміри РК є дрібнодисперсними системами (для а) відповідно 40–60, б) – 30–40, в) – 40–80) і не викликають вад

консистенції шоколадної маси нашого виробництва. Слід відзначити, що сухі РК перед внесенням до харчових систем відновлюють у деяких випадках, тому автори дослідили процес набухання РК залежно від тривалості (до 70 хв) і температури (від 35 до 85 °С) витримання у традиційній для відновлення молочної сировини – знежиреному молоці. За результатами проведеного дослідження встановлено рекомендовані режими набухання РК: для кріопорошку з буряка температура має становити 55–65 °С із тривалістю гідратації впродовж 20–30 хв. З метою уникнення негативного впливу вказаних температурних режимів набухання кріопорошку з буряка на колір кінцевого продукту, досліджено вплив рН середовища на зміну інтенсивності та відтінку забарвлення декантованих розчинів гідратованої добавки. Доведено можливість використання кріопорошку з буряка за температури його набухання 55–65 °С, оскільки розчини, що містять пігменти, не втрачають інтенсивність забарвлення впродовж зберігання і характеризуються переважанням бетаціанінів (відтінок менше 1,0) рН у межах 6,25–6,35.

**Експериментальна частина дослідження** впливу харчової добавки на якість шоколадної глазурі визначили за інноваційним вибором емульгаторів, наприклад, качинового та свинячого жирів у визначених співвідношеннях. Виробництво асортименту низькокалорійної конкурентоспроможної продукції різновидів галузей харчової промисловості з високими споживчими властивостями можливе лише за умови науково обґрунтованого підбору та ефективного використання емульгуючих, стабілізуючих і структуроутворюючих компонентів, а також нетрадиційних складових, які мають відповідні властивості за представленими алгоритмами:

1. Класифікація-ідентифікація процесів виготовлення глазурі з концентратом цукрового буряка та їх реалізація за обраними механізмами.
2. Класифікація-ідентифікація процесів виготовлення шоколадно-молочного наповнювача з концентратом цукрового буряка для цукерок та їх реалізація за обраними механізмами.
3. Дослідження реологічних властивостей шоколадної молочної глазурі та шоколадно-молочного наповнювача з концентратом цукрового буряка для цукерок: залежності в'язкості від кількості обраних ПАР та від вмісту концентрату цукрового буряка.
4. Дослідження розріджувальної здатності обраних ПАР за обраними механізмами.
5. Дослідження зміни показників масової частки вологи за обраними механізмами.
6. Дослідження зміни вмісту масової частки жиру за обраними механізмами.
7. Дослідження температури плавлення та застигання за обраними механізмами.
8. Дослідження термінів зберігання отриманої продукції за обраними механізмами.
9. Калькуляція собівартості за обраними механізмами.

Технологічними характеристиками отриманої шоколадної глазурі визначені реологічні, органолептичні та фізико-хімічні показники. Зразки

шоколадної глазури готували у лабораторних умовах. Досліджено зміну властивостей шоколадної молочної глазури при додаванні до рецептури концентрату цукрового буряка (табл. 4) та альтернативних лецитину поверхнево-активних речовин. Запропоновано рецептуру шоколадно-молочної глазури. Оцінено органолептичні, реологічні показники та собівартість готових виробів.

Таблиця 4. Характеристика концентрату цукрового буряка

Показник	Характеристика
Колір	від світло-рожевого до темно-червоного
Запах	характерний для буряка, не допускається затхлий запах
Смак	фруктовий солодкий, не допускається прогірклий або будь-який інший сторонній присмак
Масова частка вологи, %	6,1

Також для зниження в'язкості готової глазури та для заміни соєвого лецитину запропоновано додавання ПАР з качинового жиру та суміші качинового та свинячого жиру (1), отримана методом гліцеролізу з гетерогенним каталізатором. Отримані ПАР було проаналізовано за органолептичними і фізико-хімічними показниками, які наведені в таблиці 5.

Таблиця 5. Показники якості отриманих ПАР

Показник	ПАР з качинового жиру	ПАР із суміші (1)
Колір	жовтий	біло-жовтий
Запах	запаху немає	
Консистенція при температурі 20 °С	мазеподібна	
Кислотне число, мг КОН/г,	2,85	2,1
Пероксидне число ммоль ½О/кг	5,36	4,85
Йодне число, гІ <sub>2</sub> /100 г	67,8	53,4
Температура плавлення, °С	31,3	33,5
Температура застигання, °С	20,2	26,4

Таблиця 8. Температура плавлення та застигання

Найменування	Температура плавлення, °С	Температура застигання, °С
Шоколадно-молочна глазур з ПАР із суміші качинового та свинячого жиру та концентратом буряка	32–33	25–28
Промислова глазур	33–34	25–28

При зберіганні отриманої глазури в сухому, чистому, добре вентиляваному приміщенні, за температури (18 ± 3)°С і відносної вологості повітря не вище як 75 %, цукрове посивіння майже відсутнє. Додатково встановлено, що смак, запах та відчуття плавлення шоколадних глазурей в роті, не змінилися після їх зберігання.

Для оцінки економічних показників виготовлення шоколадної молочної глазури за представленою рецептурою проведено розрахунок її калькуляційної собівартості.

Порівняльні дані розріджувальної здатності використаних нами ПАР наведені у таблиці 6.

Таблиця 6. Розріджувальна здатність ПАР

ПАР	Розріджувальна здатність, %
Лецитин	0,4 %
ПАР з качинового жиру	0,6 %
ПАР із суміші качинового та свинячого жиру	0,8 %

Введення у шоколадні глазурі рослинних наповнювачів дозволяє отримати глазурі з комплексом цінних властивостей.

Під час дослідження для часткової заміни цукру було обрано концентрат буряка. При підготовці до досліджень було розроблено декілька рецептур для приготування шоколадної молочної глазури. Проаналізувавши усі рецептури було визначено, що співвідношення основних компонентів рецептури шоколадної глазури може коливатися в значних межах. Проте є ряд обмежень, які обумовлені, з однієї сторони, технологією виробництва, а з іншої - споживчими якостями, головним чином смаком. Для приготування композицій була обрана рецептура, яка наведена у таблиці 7.

Таблиця 7. Рецептура шоколадної молочної глазури

Какао-масло, %	18,80
Какао терте, %	20,31
Цукрова пудра, %	37,40
Молоко сухе, %	20,09
Концентрат буряка, %	2,80
ПАР	0,60

Проектування складу продуктів з урахуванням вимог збалансованості за жирнокислотним, амінокислотним, мінеральному і вітамінному складом є предметом пріоритетних наукових досліджень та практичних розробок [6–9, 18, 19].

Для обраної рецептури глазури визначено також температури плавлення та застигання порівняно з промисловою глазур'ю. Отримані значення наведені в таблиці 8.

Використання запропонованого концентрату цукрового буряка у рецептурі шоколадних молочних глазурей дозволяє частково замінити долю цукру-піску, а заміна лецитину на ПАР із суміші качинового та свинячого жиру дозволяє знизити собівартість готового продукту на 9,5%.

За представленими даними (рис. 3) видно, що додавання в якості ПАР до глазури найкраще знижує в'язкість суміш качинового та свинячого жиру у межах допустимої норми.

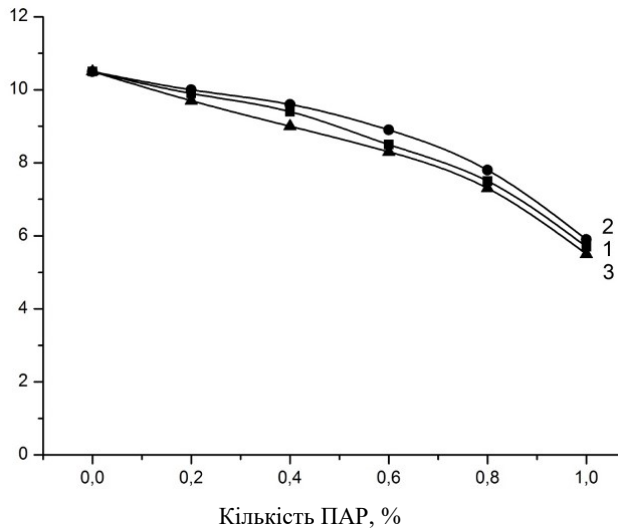


Рис. 3. Залежність в'язкості шоколадної глазурі від типу та кількості доданих ПАР: 1 – ПАР з качинового жиру, 2 – лецитин, 3 – ПАР із суміші качинового та свинячого жиру

За представленими даними видно, що додавання в якості поверхнево-активних речовин до глазурі ПАР із суміші качинового та свинячого жиру найкраще знижує в'язкість у межах допустимої норми.

#### Аналіз результатів дослідження.

Визначення текучості шоколадних мас та глазурі важливий фактор виконання відповідних НТД технологічних процесів різновидів галузей харчових виробництв: 1) визначення параметрів в'язкості впливає на якість виготовленого продукту, його форму або товарний вигляд і, навіть, вагу та розміри; 2) вплив на органолептичні характеристики на смак, колір та аромат, що сприймається споживачем. Властивість текучості шоколаду дуже складна, оскільки в'язкість не є одним значенням і є технічно відомою як неньютонівська. Це означає, що якщо ми вимірюємо його в'язкість, вона буде змінюватися залежно від того, наскільки швидко шоколадна маса тече. Важливо те, що ми вимірюємо в'язкість за такої ж швидкості руху з якою вона використовується на промисловому виробництві.

Результати можна об'єднати за допомогою математичних моделей для отримання параметрів потоку, таких як значення текучості та пластична в'язкість. Нетрадиційні добавки у кондитерських виробках відіграють істотну роль у регулюванні процесу кристалізації. А цей процес, ймовірно, залежить від активності води. Цукерки з нетрадиційними добавками та чисто помадні мають різну активність води. Ця різниця, мабуть, пов'язана з великою кількістю полярних груп у дослідних зразках, що викликає велику сорбцію вологи та розчинення кристалів не тільки на поверхні корпусу виробів, але й у внутрішніх шарах, попереджаючи цим перехід аморфної сахарози в кристалічний стан. При зберіганні виробів, поряд із втратою вологи, дослідники спостерігають також зниження активності води. З метою виявлення особливостей механізму позитивного впливу нетрадиційних добавок на структуру корпусу цукерок автори досліджували стан води у виробках з нетрадиційними добавками спостерігається зростання ступеня впорядкованості молекул води, причому на перерозподіл вологи у бік збільшення пов'язаної води. Важливим етапом визначення раціонального складу рецептури шоколадної глазурі є визначення прикладів математичних моделей експериментальних досліджень (рис. 4).

Для дослідження залежності в'язкості від концентрації ПАР використовувалися такі три моделі: лінійна (двохпараметрична):  $y = b_0 + b_1x$ ; квадратична (трьохпараметрична):  $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ .

Моделі програмування для визначення співвідношення основних компонентів рецептури шоколадної маси можуть коливатися в значних межах [17–22] інтерпретації отриманих експериментальних результатів дослідження (табл. 9). Проте є ряд обмежень, які обумовлені, з однієї сторони, технологією виробництва, а з другої – споживчими якостями, головним чином смаком та органолептичними властивостями виробничих рецептур харчових шоколадних мас (рис. 1).

Таблиця 9. Загальна класифікація-ідентифікація математичних та графічних моделей для різновидів розроблених шоколадних за рис. 2.

Вид	Математичні моделі для різновидів експериментальних залежностей глазурей з рис. 2.
1	Лінійні моделі: $y = b(0)+b(1)*x$ (рис. 1). Довірча ймовірність для параметрів моделі 95%. Залежність 1 $y = 11.0429 - 4.2857*x$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $9.7473 \leq b_0 \leq 12.3385$ ; $-6.4253 \leq b_1 \leq -2.1461$ . Вибіркова дисперсія = 0.4157. Залежність 2 $y = 10.9429 - 4.1357*x$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $9.8396 \leq b_0 \leq 12.0462$ ; $-5.9578 \leq b_1 \leq -2.3137$ . Вибіркова дисперсія = 0.3015. Залежність 3 $y = 10.8619 - 4.6571*x$ Довірчі інтервали для параметрів моделі: $9.9683 \leq b_0 \leq 11.7555$ ; $-6.1329 \leq b_1 \leq -3.1814$ . Вибіркова дисперсія = 0.1978.
2	Квадратичні моделі $y = b(0)+b(1)*x+b(2)*x^2$ (рис. 2). Довірча ймовірність для параметрів моделі 95%. Залежність 1 $y = 10.3643 + 0.8036*x - 5.0893*x^2$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $9.7978 \leq b_0 \leq 10.9308$ ; $-1.8606 \leq b_1 \leq 3.4678$ ; $-7.6466 \leq b_2 \leq -2.5320$ . Вибіркова дисперсія = 0.0386. Залежність 2 $y = 10.3982 - 0.0509*x - 4.0848*x^2$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $9.6366 \leq b_0 \leq 11.1598$ ; $-3.6328 \leq b_1 \leq 3.5310$ ; $-7.5230 \leq b_2 \leq -0.6466$ . Вибіркова дисперсія = 0.0697. Залежність 3 $y = 10.4036 - 1.2196*x - 3.4375*x^2$ . Довірчі інтервали для параметрів моделі: $9.9175 \leq b_0 \leq 10.8897$ ; $-3.5059 \leq b_1 \leq 1.0666$ ; $-5.6321 \leq b_2 \leq -1.2429$ Вибіркова дисперсія = 0.0284.

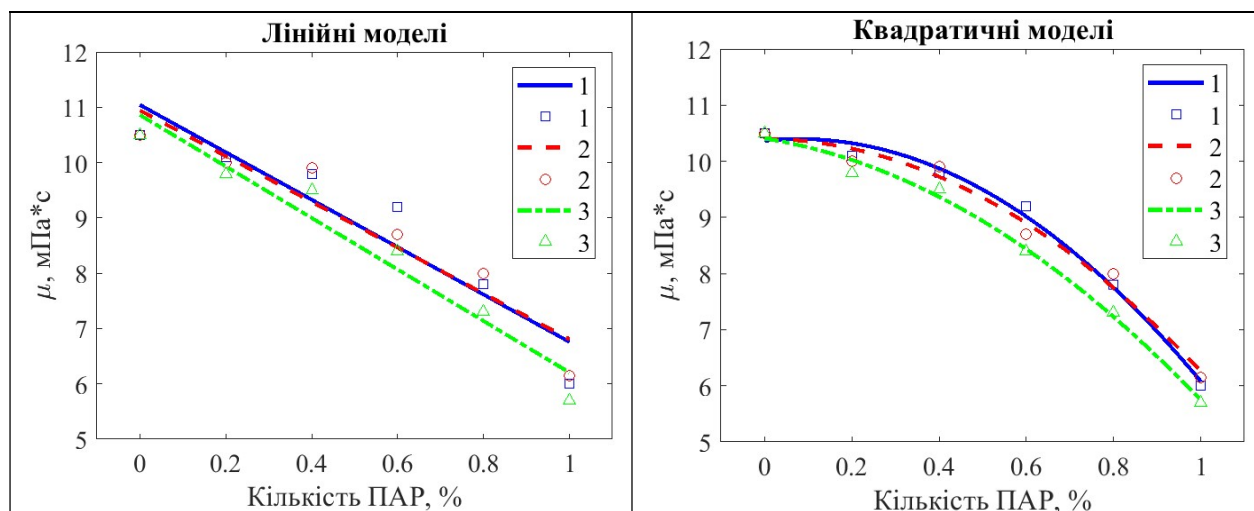


Рис. 4. Приклади графічних моделей експерименту

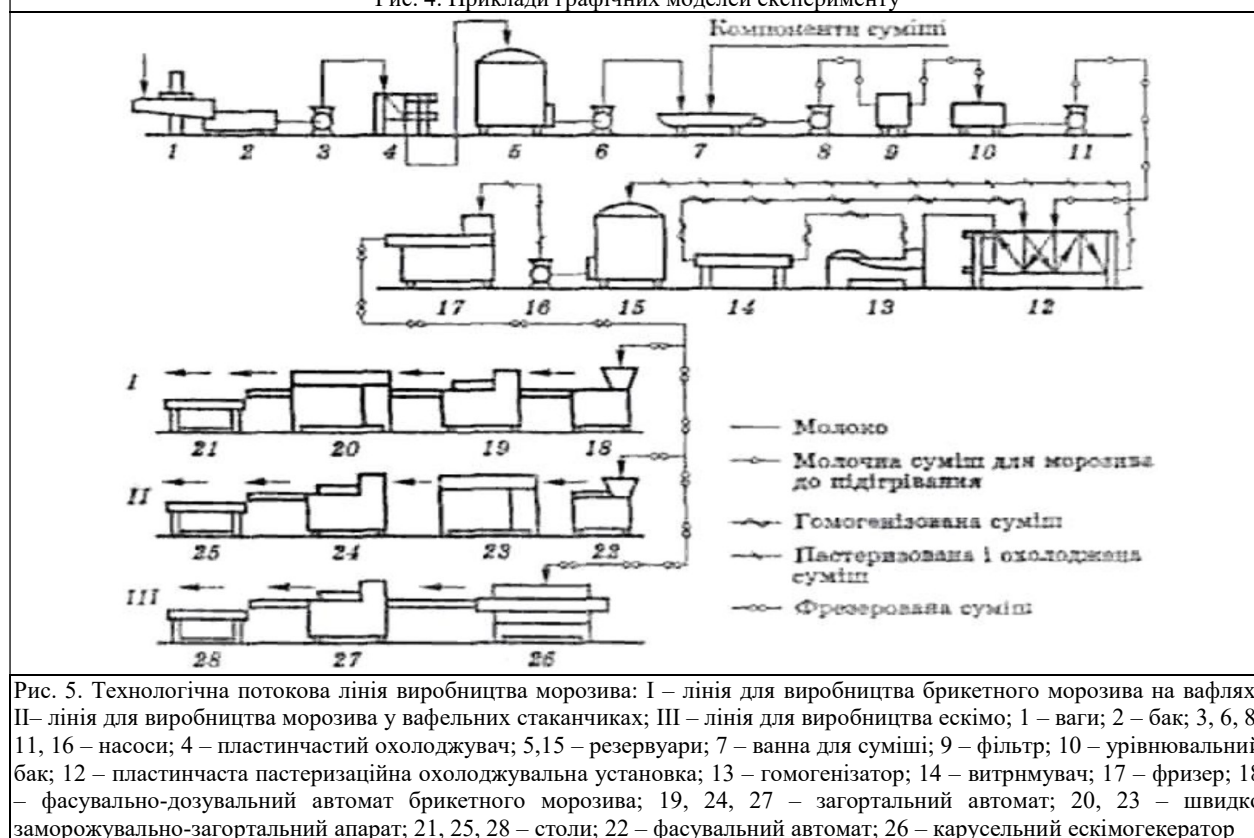


Рис. 5. Технологічна потокова лінія виробництва морозива: I – лінія для виробництва брикетного морозива на вафлях; II – лінія для виробництва морозива у вафельних стаканчиках; III – лінія для виробництва ескімо; 1 – ваги; 2 – бак; 3, 6, 8, 11, 16 – насоси; 4 – пластинчастий охолоджувач; 5, 15 – резервуари; 7 – ванна для суміші; 9 – фільтр; 10 – урівнювальний бак; 12 – пластинчаста пастеризаційна охолоджувальна установка; 13 – гомогенізатор; 14 – витрмувач; 17 – фризера; 18 – фасувально-дозувальний автомат брикетного морозива; 19, 24, 27 – загортальний автомат; 20, 23 – швидко заморозувально-загортальний апарат; 21, 25, 28 – столи; 22 – фасувальний автомат; 26 – карусельний ескімогекератор

При цьому треба враховувати, що величина ефекту впливу від додавання іншого жиру залежить від розмірів його часток і пов'язана з технологічною схемою виробництва (рис. 5). Визначені властивості текучості шоколадних мас і глазури складні, певним чином вони нагадують за органолептичними властивостями дуже густу масу, яка стає рідкою, коли її наносять на поверхню виробів у технологічному процесі виробництва. Важливим фактором треба відзначити – що ми при дослідженні вимірюємо в'язкість за такої ж швидкості руху, як та, з якою вона використовується у технологічному процесі виробництва [22].

Коли продукт поміщається у форму, це відбувається дуже швидко, але коли шоколад стікає по цукерці з покриттям, він робить це дуже повільно. Тому важливо вимірювати в'язкість при більш ніж одній швидкості потоку. Шоколадна маса або глазур, як відомо, це суспензія твердих частинок у безперервній жировій системі. Але за відсутності впливових часток рідке какао-масло мало б за будь-якої швидкості потоку, у межах параметрів даного вимірювання – ньютонівською рідиною. На рис. 6 зображено дві поверхні площею  $A \text{ см}^2$  всередині рідини, віддалені одна від одної від  $h \text{ см}$  і рухаючись зі швидкостями  $v_1$  і  $v_2$  відповідно.

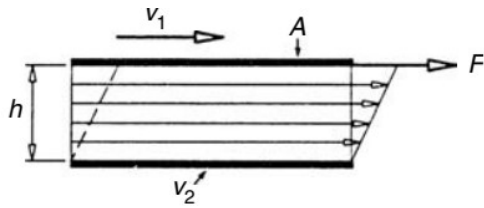


Рис. 6. Діаграма зсуву:  $v_1$  – швидкість у верхній площині,  $v_2$  – швидкість у нижній площині,  $A$  – площа поверхні площини,  $F$  – сила і  $h$  – відстань між площинами.

Гradient швидкості можна визначити як  $(v_1 - v_2)/h$  його зазвичай називають швидкістю зсуву, позначеною літерою  $D$ .

Напруга зсуву, яка змушує його рухатися, зазвичай позначається літерою  $\tau$ , в'язкість  $\eta$  пов'язує цю силу зі швидкістю її фактичного переміщення:  $\eta = \tau / D$ . Для какао-масла прикладена сила безпосередньо залежить від швидкості, з якою воно рухається, тому уявна в'язкість однакова при всіх швидкостях зсуву, тобто ньютонівський потік.

У шоколаді це складніше через тверді частинки в ньому. Це схематично показано для двох швидкостей потоку на рис. 7.

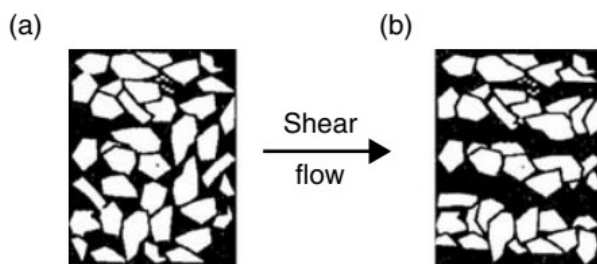


Рис. 7. Схематична діаграма частинок у суспензії, (а) у спокої, (б) під час потоку.

При низькій швидкості потоку частинки стикаються одна з одною та чинять опір силі, спочатку перешкоджаючи руху, а потім роблячи видиму в'язкість відносно високою. Коли шоколад тече швидше, всі частинки можуть рухатися разом із потоком, а не чинити йому опір, тому шоколад має меншу видиму в'язкість і поводить себе як більш рідка рідина. Тоді графіки напруги зсуву та уявної в'язкості від швидкості зсуву будуть зовсім іншими. Напругу зсуву, при якій починається потік  $\tau_0$ , часто називають величиною текучості, і вона особливо важлива для глазурування або занурення у шоколадну масу, де рух є повільним і, отже, є низька швидкість зсуву. Важливим фактором є те, що в'язкість шоколадної маси слід вимірювати за швидкістю зсуву, з якою він обробляється.

Результати експерименту можна представити у вигляді кількох одноточкових вимірювань або шляхом об'єднання їх за допомогою математичних моделей для отримання параметрів потоку, таких як значення текучості та пластична в'язкості.

Ідея друку харчових продуктів на основі цифрових 3D-моделей, безсумнівно, інноваційна, надає багато можливостей повністю оновити спосіб виробництва різновидів харчування: наприклад, 3D-друк має можливості щодо харчового та сенсорного персоналізованого виробництва їжі, тобто виробництво за вимогою, а головне – зменшення харчових відходів та інноваційне сприйняття різновидів продукції за асортиментом. Вже перші експерименти були спрямованими на шоколад, що обумовлює дослідження та аналіз реологічних властивостей шоколадних сумішей для різновидів продукції галузей харчової промисловості (рис. 8 та 9). У всіх випадках авторам вдалося відтворити цифрові моделі з достатньою точністю, хоча багато проблем все ще обмежують застосування на промисловому рівні або для домашнього використання, але перспективи на майбутнє, та програмована текстура має бути проаналізована [24].



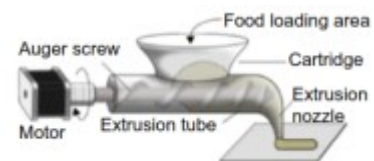
Рис. 8. Приклади 3D-моделей для різновидів шоколадних виробів



9a

9b

Рис. 9. Приклади обладнання – 3D-принтери



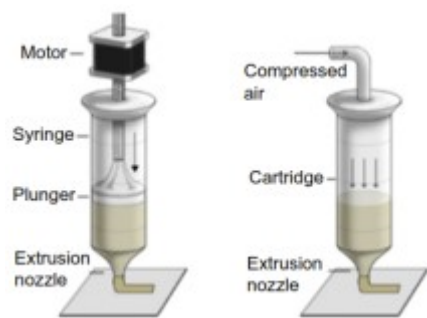


Рис. 10. Приклади технології для екструдуювання харчових матеріалів через сопло.

Як приклад, на рисунках 9а і 9б показано два комерційні 3D-принтери які широко використовуються, тоді як на рисунку 10 показано технології, що використовуються для екструдуювання харчових матеріалів через сопло. Виробництво шоколадних цукерок, контрольовані температури плавлення та затвердіння (кристалізації). Показані типові зображення шоколадних цукерок, надрукованих на 3D (рис. 9, 10), які безпосередньо вводяться в харчову матрицю (Lee та ін., 2019; Jagadiswaran та ін., 2021).

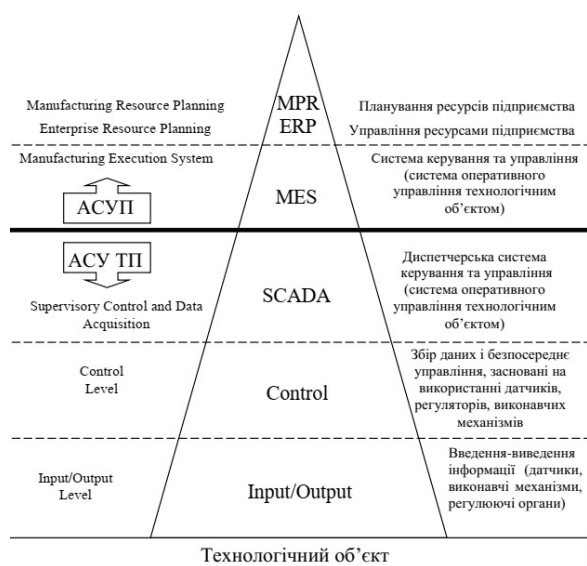


Рис. 11. Приклад загальної структури виробництвом

Управління підприємством має ієрархічну структуру (рис. 11), наприклад, планування та управління ресурсами підприємства; системи оперативного управління технологічним об'єктом; збір даних і безпосереднє управління засноване на використанні датчиків, регуляторів та виконавчих механізмів; введення-виведення інформації з різновидів технологічної схеми виробництва [25].

У загальній структурі управління виробництвом виділяють кілька ієрархічних рівнів, які відображені у вигляді піраміди на рис. 10 [26].

## Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Отримані наукові результати є теоретичною основою для розв'язання важливої науково-прикладної проблеми розроблення та практичного застосування методів і моделей різновидів харчових виробництв в умовах зміни режимів роботи, характеристик сировини та функцій оперативного персоналу для забезпечення регламентованих характеристик продуктів та підвищення ефективності багатоасортиментного виробництва, наприклад, застосування різновидів гліцеринових ефірів, які є неіоногенними поверхнево-активними речовинами і дозволені для використання у харчових продуктах у багатьох країнах. Крім стабілізації емульсій, піни та дисперсій, наприклад, полігліцерин складні ефіри можуть виступати як модифікатори реології.

Науково-практичне значення роботи полягає у обґрунтуванні, розробленні та практичному застосуванні інформаційної технології на основі модифікованих евристичних і еволюційних методів та алгоритмів [6–17, 23–26]. Розроблена математична модель різновидів процесів харчових виробництв, яка забезпечує комплексну оцінку ефективності сформованого варіанту шоколадних мас або глазури на основі запропонованих критеріїв технологічних процесів та зазначених обмежень. При цьому необхідно враховувати, що споживач постійно змінює свої потреби під впливом економічних, соціальних та політичних обставин, а виробник не тільки повинен забезпечити виготовлення якісної продукції, а також задовольнити вимоги споживача щодо продукції, при цьому забезпечивши мінімально можливу собівартість продукції. В Україні вимоги щодо розробки та впровадження систем управління безпечністю харчової продукції за принципами НАССР задекларовані ДСТУ 4161-2003 «Система управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги» та ДСТУ ISO22000:2007 «Система управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга».

## 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-shokoladnyhkonditerskih-izdelij-v-ukraine>. 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. Мини́фай Б.У. Шоколад, конфетти, карамель и другие кондитерские изделия / пер. с англ. под общ. науч. ред. Т.В.

- Савенковой. – СПб. : Профессия, 2008. – 816 с.
5. ДСТУ 4733:2007 «Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови». ДСТУ 4735:2007 «Морозиво з комбінованим складом сировини. Загальні технічні умови». ДСТУ 4734:2007 «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, шербет, лід. Загальні технічні умови».
  6. Поліщук Г.Є. Технологія морозива / Г.Є. Поліщук, І.С. Гудз. – К. : Фірма ІНКOS, 2006. – 216 с.
  7. Технологія молочних продуктів : підручник / Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, Т.А. Скорченко та ін. – К. : НУХТ, 2013. – 502 с.
  8. 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.
  9. 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
  10. 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.
  11. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
  12. 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
  13. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Міжд. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
  14. 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.
  15. 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.
  16. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження впливу деяких технологічних параметрів на реологічні характеристики різних видів шоколадних глазурей. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2021. – № 1 (1361). – с. 62–70.
  17. Подковко, О.А., & Рашевська, Т.О. (2015). Дослідження технологічно-функціональних характеристик порошків із червоного столового буряка для застосування у складі масляної пасти. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 2(91), 62-66.
  18. Подковко О.А. Удосконалення технології масляної пасти з технологічно-функціональними інгредієнтами. – Автореф. дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів. – Національний університет харчових технологій МОН України, Київ, 2017, 22 с.
  19. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології переробки плодовоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К.: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
  20. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
  21. Debasis Bagchi. Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World / Debasis Bagchi // USA, Elsiwer Inc., 2008. – 447 p.
  22. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. пос./ О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, М.М. Сердюк. К.: Вища освіта. 2006. 479 с.
  23. 3D Food Printing: Opportunities, principles, limitations, and new ways in food production. December 2021. – 19 p.
  24. Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition. Edited by Stephen T. Beckett. 2009 Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-405-13949-6, p. 226–229.
  25. Грибков С.В., Маковецька С.В. Функціональне моделювання організації та управління забезпечення сировиною цукрового заводу. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Техніка та енергетика АПК. 2017. № 286. С. 100–111.

### Bibliography (transliterated)

1. Novij etap solodkogo zhittja: analiz rinku shokoladnih konditers'kih virobiv v Ukraїni.. URL: <https://proconsulting.ua/ua/pressroom/novij-etap-sladkoj-zhizni-analiz-rynka-shokoladnyhkonditerskih-izdelij-v-ukraine> . URL://http://www.ukrstat.gov.ua
2. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah [tekst] / Bukhhalo S.I., Tovazhnjans'kij L.L., Kapustenko P.O. ta in. Pidruchnik z grifom MON. Kiiv CNL 2011, 832 p.
3. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] / Bukhalo S.I., Tovazhnjans'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. DSTU 4733:2007 «Morozivo molochne, vershkovе, plombir. Zagal'ni tehnicni umovi». DSTU 4735:2007 «Morozivo z kombinovanim skladom sirovini. Zagal'ni tehnicni umovi». DSTU 4734:2007 «Morozivo plodovo-jagidne, aromatichne, shherbet, Zagal'ni tehnicni umovi».
6. Polishhuk, G.Je. and Gudz, I.S. (2006), Tehnologija moroziva, Firma INKOS, K., 216 p.
7. Polishhuk, G.Je., Grek, O.V., Skorchenko, T.A. (2013), Tehnologija molochnyh produktiv, pidruchn, NUHT, 502 p.
8. 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.
9. 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
10. 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 C.I. – Kh: NTU «KhPI». p. 217.
11. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
12. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., N.N., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: 2019. No. 15(1340). pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14

13. 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.
14. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi), 2-ge vid. dop. Ch. 2. [tekst] Pidruchnik z grifom MON. K.: CNL 2018, 108 p.
15. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmajlu), 2-ge vid. dop. Ch. 2. K.: CNL: 2019, 108 p.
16. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja vplivu dejakih tehnologichnih parametriv na reologichni karakteristiki riznovidiv shokoladnih glazurej. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2021. – № 1 (1361). – pp. 62–70.
17. Podkovko, O.A., Rashevs'ka, T.O. (2015). Doslidzhennja tehnologichnofunkcional'nih karakteristik poroshkiv iz chervonogo stolovogo burjaka dlja zastosuvannja u skladi masljanoi past. Tehnika, energetika, transport, 2(91), 62-66.
18. Podkovko O.A. Udoskonalennja tehnologii masljanoi pasti z tehnologichno-funkcional'nimi ingredientami. Avtoref. Dis. 05.18.04 – tehnologija m'jasnih, molochnih produktiv i produktiv z gidrobiontiv. NUHT, K, 2017, 22 p.
19. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii pererobki plodoovochevoi sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. [tekst] Pidruchnik z grifom MON. K.: «CNL»: 2022, 108 p.
20. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. 412 p.
21. Debasis Bagchi. Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World/Debasis Bagchi // USA, Elsevier Inc., 2008. – 447 p.
22. Mehanizacija pererobnoi galuzi agropromislivogo kompleksu: Navch. pos./O.V. Gvozdev, F.Ju. Jalpachik, Ju.P. Rogach, M.M. Serdjuk. K.Vishha osvita. 2006. 479 p.
23. 3D Food Printing: Opportunities, principles, limitations, and new ways in food production. December 2021. – 19 p.
24. Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition. Edited by Stephen T. Beckett. 2009 Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-405-13949-6, p. 226–229.
25. Gribkov S.V., Makovec'ka S.V. Funkcional'ne modeljuvannja organizacii ta upravlinnja zabezpechennja sirovinoju cukrovogo zavodu. Nauk. visnik NU bioresursiv i prirodozastituvannja Ukraini. Tehnika ta energetika APK. 2017. № 286. P. 100–111.

*Надійшла (received) 19.11.2022*

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

**Бухало Світлана Іванівна (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)** – 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)

**S. I. BUKHHALO, MARIIA ZEMELKO**

**RESEARCH THE COMPLEX INFLUENCE OF THE COMPONENTS THE CHOCOLATE MASS ON ITS PROPERTIES AND COMPETITIVENESS FOR VARIOUS INDUSTRIES**

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. 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. Thus, based on the conducted research, it is possible to conclude that the fat for a glaze must be chosen taking into account its physical properties and possibility to regulate rheological properties of the glaze. The speed of fats crystallization must allow the glaze to quickly crystallize after facing and not to chip.

**Key words:** mathematical models of varieties programming properties chocolate masses and glazes, rheological characteristics, intensification of technological processes.

**С. И. БУХАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО**

**ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ШОКОЛАДНЫХ МАСС И ГЛАЗУРЕЙ НА ИХ СВОЙСТВА И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ**

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. 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. Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить, что жир для глазури необходимо выбирать с учетом его физических свойств и возможности регулирования реологических свойств глазури. Скорость кристаллизации жиров должна позволять глазури быстро кристаллизоваться после наложения и не раскалываться.

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



**С. І. БУХКАЛО****КОМПЛЕКСНІ ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧУВАННЯ – МОДЕЛІ ПРОГРАМУВАННЯ**

У матеріалах статті розглянуті можливості для визначення цілей навчання студентів ВНЗ з метою подальшої розробки дисципліни для розвитку складових комплексних проектів. При написанні статті використано досвід викладання дисциплін «Загальні технології харчових виробництв» та «Харчова хімія» в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів у 2002–2022 рр. Комплексні системи визначення складових дисципліни зумовили компетентності та якість матеріалу, а питання, що розглядаються пропущені через призму власного творчого сприйняття, що робить матеріал особливо цінним. Розробки проведені з застосуванням сучасних високоєфективних науково-обґрунтованих процесів та апаратів харчових виробництв, наприклад, від різновидів аналізу класифікації-ідентифікації, загальних понять та вимог до різновидів сучасних технологій харчування до вибору алгоритмів розрахунків на різних стадіях виробництва та застосування. Представлені приклади і деякі особливості можливих рішень навчання, які засновані на експериментальних даних розробки механізмів ідентифікації-класифікації сучасних технологій харчування, процесів та апаратів, їх наукового обґрунтування у вигляді об'єктів інтелектуальної власності.

**Ключові слова:** сучасні технології харчування, комплексні виробництва та обладнання, науково обґрунтовані методи навчання студентів, визначення моделей програмування.

**Вступ.** Початковим етапом розробки комплексного інноваційного навчання можна означити складові викладання дисциплін, які утворюють цикл з відповідних напрямків формування у студентів системи знань необхідних для виробничо-технологічної та дослідницької діяльності з розроблення та впровадження сучасних технологій харчування у закладах ресторанного господарства. Сучасні технології харчування як дисципліну комплексу системи навчання можна класифікувати-ідентифікувати як тенденції розвитку новітніх технологій продукції ресторанного господарства, альтернативних видів сировини, новацій у наданні ресторанних послуг та ін.

Складові навчання можна визначити за прикладами: детальний розгляд можливостей наукового обґрунтування дисципліни; аналіз, загальна характеристика й особливості сировини, напівфабрикатів та продуктів; вибір методів аналізу з вирішення різновидів завдань за допомогою інноваційних методів та програм дослідження; класифікація-ідентифікація їх особливостей у сучасних технологіях харчування; вивчення причин виникнення виготовлення неякісної продукції та ін.

Необхідною складовою навчання є визначення принципів енерго- та ресурсозбереження, поряд з покращенням якості продуктів харчування, наприклад, за допомогою застосування інноваційного технологічного обладнання та сучасних технологій харчування, методів інноваційної гастрономії, що сприяє компетентнісного розвитку навичок студентів щодо розроблення та реалізації інноваційних проектів які спрямовані на формування, створення й опису систем різного рівня складності дисципліни та технологій харчування.

Дисципліна «Сучасні технології харчування» входить до циклу нормативних дисциплін і займає важливе місце в підготовці спеціалістів за спеціальністю 241 Готельно-ресторанна справа. Освітньо-професійна програма (ОПП) орієнтована на

підготовку фахівців, які мають володіти сучасними знаннями, методами та засобами для аналізу, синтезу і здійснення ефективної сервісної й виробничо-технологічної діяльності суб'єктів готельного та ресторанного бізнесу.

Теоретична частина курсів включає матеріал про основні методології, засоби й структуру порівняльного аналізу. Поряд з основним теоретичним матеріалом у кожний з курсів включені блоки прикладів аналізу практичних розрахунків за експериментальними дослідженнями різновидів сучасних технологій галузей сфери обслуговування, які реально використовують у виробництвах харчових підприємств та ресторанних закладах.

**Цілі та задачі навчання.** З метою підготовки спеціалістів вищої кваліфікації з харчової та хімічної промисловості викладачами кафедри видано понад 15 підручників та навчальних посібників. Підручники отримали нагороди МОН України та НАН вищої освіти.

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

Цілі і задачі навчання як основні засади системного аналізу визначені на основі класифікації-ідентифікації основних складових сучасних методів харчування, наприклад:

- 1) наукове обґрунтування та методи ресурсо- й енергозберігаючих харчових виробництв;
- 2) ієрархічна структура технології сучасного

© Бухкало С.І., 2022

харчування відповідно до розробленої нормативно-технічної документації (НТД);

3) взаємовплив та взаємозв'язок різновидів складових процесів і апаратів сучасних технологій харчування та інші.

Зазвичай такі інноваційні методи навчання завершуються публікацією статті або тез міжнародної конференції для кожного студента, що потребує визначення складових навчання за дисципліною Сучасні технології харчування, наприклад для груп БЕМ-1321а,б:

Перелік запланованих результатів навчання з дисципліни, співвіднесених із запланованими результатами освоєння освітньої програми можна визначити як:

1. Мета та місце дисципліни за профілем у структурі освітньо-професійної програми ОПП.

2. Зміст робочої програми відповідно до ОПП (обсяг дисципліни, типи та види навчальних занять, навчально-методичне забезпечення самостійної роботи студентів та ін.).

3. Характеристика та ієрархія оціночних засобів з дисципліни – перелік компетенцій із зазначенням етапів їх формування у процесі освоєння освітньої програми.

4. Розподіл ієрархії змісту ОПП за групами компонентів та циклами підготовки.

5. Класифікація-ідентифікація, опис показників та критеріїв оцінювання компетенцій на різних

етапах їх формування, опис шкали оцінювання.

6. Типові контрольні завдання, необхідні оцінки знань, умінь, навичок та досвіду діяльності, що характеризують етапи формування компетенцій у процесі освоєння освітньої програми.

7. Методичні матеріали, які визначають процедури оцінювання знань, умінь, навичок та досвіду діяльності викладачів і студентів, що характеризують етапи формування компетенцій у процесах навчання.

8. Класифікація-ідентифікація навчально-методичного та інформаційного забезпечення дисципліни.

9. Перелік основної та додаткової навчальної літератури, необхідної для освоєння різновидів навантаження дисципліни.

10. Перелік ресурсів інформаційно-телекомунікаційної мережі «Інтернет» та програмного забезпечення, необхідні для освоєння дисципліни.

#### **Постановка проблеми у загальному вигляді та приклади об'єктів вивчення дисципліни.**

Ціль навчання, вимоги до знань студентів мають інноваційне розвинення у всіх семестрах реалізації комплексного плану за основними темами викладання дисципліни (табл. 1, 2, рис. 1). Зазвичай дослідники розрізняють класифікацію-ідентифікацію за напрямками розвитку сучасних технологій харчування харчових підприємств.

Таблиця 1. Класифікація-ідентифікація деяких складових дисципліни за основними темами її викладання (Бухкало С.І.)

№	Приклади ієрархії складових дисципліни Сучасні технології харчування
1	Загальні відомості про: об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, вимоги до знань студентів; історичний розвиток сучасної технології харчування як науки Класифікація-ідентифікація загальних положень наукового обґрунтування і вимог до складових навчання.
2	Визначення, характеристика та класифікації-ідентифікації нутриціології як науки, її мета, основні поняття теорії і концепції харчування.
3	Сучасні аспекти нутриціології щодо харчування людини: структура, мета, завдання, класифікація-ідентифікація об'єктів вивчення та ієрархія складових курсу у прикладах і задачах.
4	Систематизація галузей та основних видів харчової продукції. Функції харчування, взаємодія організму людини з навколишнім середовищем.
5	Класифікація-ідентифікація складових якості і безпечності харчування населення. Ієрархія складових соціально-економічних передумов створення в Україні індустрії здорового харчування.
6	Класифікація-ідентифікація, характеристика та визначення класичної теорії харчування. Ієрархія складових теорії адекватного харчування.
7	Класифікація-ідентифікація, характеристика та визначення концепції харчування. Ієрархія складових альтернативної теорії та концепції харчування.
8	Визначення, класифікація-ідентифікація харчових основних дієтичних добавок. Гігієнічна регламентація харчових добавок продуктах харчування. Міра токсичності речовин
9	Класифікація-ідентифікація харчових речовини – нутрицевтики, пробіотики, парафармацевтики – особливості та їх характеристики.
10	Функціональні продукти в сучасній структурі харчування. Основні групи функціональних харчових продуктів. Функціональні продукти в сучасній структурі харчування.
11	Поняття ф'южн-кухні, історія виникнення та основні тенденції, класифікація-ідентифікація та характеристика. Поняття молекулярної кухні – класифікація-ідентифікація та характеристика.
12	Приклади розрахунків компонентів сучасних харчових технологій – класифікація-ідентифікація і характеристика матеріальних балансів за сухими речовинами.
13	Класифікація-ідентифікація, характеристика, визначення та призначення лікувально-профілактичного харчування.
14	Приклади розрахунків компонентів сучасних харчових технологій, класифікація-ідентифікація рецептур.
15	Класифікація-ідентифікація основних показників сучасних технологій харчування: визначення та положення
16	Класифікація-ідентифікація наукових принципів сучасних технологій збагачення продуктів харчування у прикладах і задачах, ієрархія складових здорового харчування.

Таблиця 2. Комплексний склад основної та додаткової навчальної літератури для навчання студентів за темами дисципліни «Сучасні технології харчування» (проф. Бухкало С.І.)

№ п/п	Вид нз	Найменування тем, різновидів навантаження і питань аналізу кожного виду занять комплексу технології харчових виробництв
1	лк	Технологія молока і різновидів молочних продуктів: глави 17–19, 47–50 (СР); Технологія бродильних виробництв, питної води, вина, етилового спирту, цукру та безалкогольних напоїв: глави 29–34, 35, 38 (СР); 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.
2	лк	Технологія риби, різновидів рибних та морепродуктів: глави 1–8; Сучасні технології стабілізації олій до окисного псування: глава 22–25 (СР); 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.
3	лк	Оптимізаційні задачі комплексних інноваційних проєктів та методи математичного моделювання в процесі їх реалізації: глави 1–3 (СР); Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
4	лк	Технологія виготовлення помадних кондитерських виробів: глава 12; Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести), 2-ге вид. доп. Ч. 2. [текст] Підр. з грифом МОН. К.: «ЦНЛ»: 2018, 108 с.
5	лк	Комплексні системи технології крохмалю: глави 1–3; Комплексне дослідження виготовлення різновидів пастили і зефіру: глава 6 (СР); Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю), 2-ге вид. доп. Ч. 2. Підр. з грифом МОН. К.: «ЦНЛ»: 2019, 108 с.
6	лк	Системи аналізу інноваційних процесів комплексного виробництва. Технологія виробництва різновидів плодоовочевих консервів: глави 5, 12, 2–4, 13 (СР). Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К.: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
7	лк	Технологія виробництва майонезу, Дослідження властивостей майонезу та визначення його характеристик: глави 5, 6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
8	лк	Основні поняття якості продукту та загальна характеристика технологічних систем: глава 54.8. 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. Черевко, О. І. Методи контролю якості харчової продукції: навч. посіб. / О.І. Черевко, Л.М. Крайнюк, Л.О. Касілова, Л.Р. Димитрієвич; за ред. Л.М. Крайнюк. Суми : Університетська книга, 2018. 512 с.
9	пз	Класифікація основних закономірностей харчової технології: глава 54. 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. Основи хімії та методи аналізу харчової продукції : підручник / Н.К. Черно, О.О. Антіпіна, О.В. Малинка, С.І. Вікуль. Херсон : Олді-плюс, 2019. 360 с.
10	пз	Методи розрахунків консервованої продукції, розрахунки виходу консервованої продукції з різноманітної сировини: глави 13, 14, Орлова Є.І., Лещенко В.О., Бухкало С.І. Приклади та задачі до курсу «Загальна технологія харчових виробництв» (навч.-мет. посібник), Харків: НТУ «ХП», 2001. 140 с.
11	пз	Дослідження і аналіз впливу режимів виготовлення тіста та його складових на реологічні властивості: глава 8 Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження впливу деяких технологічних параметрів на реологічні характеристики різновидів шоколадних глазурей. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2021. – № 1 (1361). – с. 62–70.
12	пз	Технологія хлібопекарських пресованих дріжджів. Технологія хліба і хлібобулочних виробів. Розрахунок допоміжної сировини на заміс тіста. Розрахунок взаємозамінної сировини. Розрахунки температури і витрат води на заміс тіста: глави 4, 5, 10–12. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с.
13	пз	Технологія морозива: глава 48. 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. ДСТУ 4733:2007 «Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови». ДСТУ 4735:2007 «Морозиво з комбінованим складом сировини. Загальні технічні умови». ДСТУ 4734:2007 «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет, лід. Загальні технічні умови».
14	пз	Технологія бродильних виробництв, питної води, вина, етилового спирту, цукру та безалкогольних напоїв: глави 29–34, 35, 38 (СР); 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. Сайт держстату України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <a href="http://www.ukrstat.gov.ua">http://www.ukrstat.gov.ua</a> Національна туристична організація України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <a href="http://www.ntoukraine.org/nsts_analytics_ua.html">http://www.ntoukraine.org/nsts_analytics_ua.html</a>
15	пз	Матеріальні розрахунки у молочній промисловості: глава 20. 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. Технологія молочних продуктів : підручник / Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, Т.А. Скорченко та ін. К.: НУХТ, 2013. 502 с.
16	пз	Розрахунки виробничих рецептур: глава 10; Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с. 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 – РС

		“TECHNOLOGY CENTER” 2015. № 1/6 (73). – С. 22–26.
17	ср	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
18	ср	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 «ХП». С. 217.
19	ср	Debasis Bagchi. Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World / Debasis Bagchi // USA, Elsevier Inc., 2008. – 447 p.
20	ср	Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. пос./ О.В. Гвоздев, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, М.М. Сердюк. К.: Вища освіта. 2006. 479 с.
21	ср	3D Food Printing: Opportunities, principles, limitations, and new ways in food production. December 2021. – 19 p.
22	ср	Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition. Edited by Stephen T. Beckett. 2009 Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-405-13949-6, pp. 226–229.
23	с	Грибков С.В., Маковецька С.В. Функціональне моделювання організації та управління забезпечення сировиною цукрового заводу. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Техніка та енергетика АПК. 2017. № 286. С. 100–111.
24	с	Поліщук Г.Є. Технологія морозива / Г.Є. Поліщук, І.С. Гудз.. – К.: Фірма ІНКОС, 2006. – 216 с. Kan Jianquan et al. Essentials of Food Chemistry. Springer, 2021. 567 p.

У нинішніх складних та неоднозначних умовах онлайн навчання студентів набуває великого значення формування у майбутніх працівників готельно-ресторанного господарства технологічної грамотності у виробництві сучасної продукції та послуг, глибоких компетенцій у сфері сервісу.

Це також розроблення і надання різноманітних послуг з урахуванням наявності бойових дій та війни, які вимагають появи нових спеціалізацій професій у готельно-ресторанному господарстві, навіть, наприклад з виробництва різновидів концентратів швидкого приготування продукції. У зв'язку з цим, навчальними планами спеціальності «Готельно-ресторанна господарство» для успішного опанування майбутньої професії передбачено дисципліну «Сучасні технології харчування», вивчення якої обумовлює розуміння важливої проблеми задоволення потреб населення у раціональному харчуванні, яке сприяє підтриманню функціонування всіх органів і систем організму людини, забезпеченню здоров'я і працездатності є основним напрямом розвитку цивілізованого ринку. За допомогою сучасних інноваційних технологій стало можливим попереджувати захворювання з точки зору, наприклад, створення індивідуальних профілактичних програм харчування.

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

У модулях «Сучасні технології харчування» студенти вивчають сучасний стан розвитку нутриціології, концепції харчування, класифікацію і характеристику сучасних і дієтичних добавок,

науково-практичні і методологічні підходи щодо конструювання харчових продуктів функціонального призначення, поняття комплексного показника якості та методику його визначення, інноваційні технології та якість харчових продуктів функціонального призначення та методологію розроблення харчових раціонів.

Визначення поняття Нутриціологія як науки, її мета, об'єкти вивчення, основні поняття – один з напрямків науки про харчування людини і тварин. Це інтегративна наука, яка вивчає поживні речовини та інші компоненти, що містяться у продовольчій сировині та продуктах харчування, їх дію і взаємодію, роль у підтримці здоров'я або виникненні захворювань, процеси споживання продуктів харчування, досліджує мотиви вибору їжі людиною і вплив цього вибору на її здоров'я.

По відношенню до людини основне завдання Нутриціології має складові з забезпечення раціонального харчування, здатного впливати на регуляцію обмінних процесів і нормалізувати функції окремих органів і систем (див. Раціональне харчування). Об'єктом Н. є джерела надходження поживних речовин та БАП: продовольча сировина для виробництва харчових продуктів з природним складом нутрієнтів, натуральні продукти із зміненим хімічним складом, нутрицевтики, еубіотики і парафармацевтики, необхідні для корекції стану та функцій організму здорової, хворої людини або людини у стані передхвороби.

Нутриціологія вирішує такі основні завдання: інтеграція з іншими науками про харчування; з'ясування ролі нутрієнтів та еубіотиків у запобіганні захворюванням; ліквідація дефіциту життєво важливих речовин за допомогою раціонального харчування; індивідуалізація харчування; задоволення потреб організму, які змінено хворобами; підвищення неспецифічної резистентності організму; детоксикація (знешкодження та виведення отруйних речовин); удосконалення методів дослідження і стандартизації нутрієнтів, нутрицевтиків та ПФ; токсикологічні,

передклінічні та клінічні дослідження, скеровані на поглиблене визначення біохімічних та клітинних ефектів у біологічних системах та фізіологічний вплив дієтичних та інших БАД продуктів харчування на життєвий цикл; виявлення позитивних та негативних аспектів їх застосування; вивчення харчової поведінки та зв'язок з психічним здоров'ям (апетит, почуття насичення, когнітивні функції, настрої і життєстійкість; здатність справлятися зі стресом тощо). Необхідною складовою вивчення дисципліни є визначення ієрархії систематизації основних видів харчової продукції з урахуванням функції харчування, взаємодії організму людини з навколишнім середовищем та ін.

Дослідниками запропонована узагальнена систематизація основних видів харчових продуктів за їх призначенням, яка включає 4 групи і 18 видів.

До першої групи відносять продукцію масового споживання. Друга група включає продукти дитячого харчування і розподіляє їх за віком. Третя група об'єднує продукти дієтичного і лікувально-профілактичного призначення. Четверта група представлена продуктами харчування для спеціальних груп населення. Система харчування – це надзвичайно складний комплекс, який містить велику кількість компонентів, здатних проявляти різноманітний і дуже суттєвий вплив (фізіологічний) на організм.

Також це сучасна технологія інформаційна: технологічний процес – задача та об'єкт розробки, результатом якої є інформаційна модель. Модель об'єкта, представлена у вигляді інформації, яка описує суттєві для даного розгляду параметри і змінні величини об'єкта. Інформаційна модель виробу – сукупність даних і залежності між ними, що описують різні властивості реального об'єкта, наприклад, обладнання, які цікавлять розробника моделі і потенційного або реального користувача [3].

Головним завданням дисципліни є формування теоретичних знань у фахівців сучасних виробництв готельно-ресторанного господарства про основні принципи та процеси, що проходять у різновидах технологій харчування. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- основні технологічні, наукові та оптимізаційні, методологічні, екологічні та техніко-економічні терміни і поняття;
- закономірності процесів, які є спільними для виробництва продукції харчування, про цілісність процесів, що забезпечують завдані властивості продукту;
- науково-теоретичні основи сучасних технологічних процесів і способи їх практичної реалізації;
- умови проведення технологічних операцій; вимоги стандартів до якості основної цільової продукції;
- систему різновидів методів технологічного контролю виробництв та ін.

Таким чином, при застосуванні комплексних навчальних занять відбувається формування і розвиток у студентів професійних компетенцій, що дозволяють їм виконувати різновиди завдань для конкретних технологічних процесів сучасного харчування, наприклад:

1) Знати, розуміти і вміти використовувати на практиці основні положення законодавства, національних і міжнародних стандартів, що регламентують діяльність суб'єктів готельного та ресторанного бізнесу.

2) Знати, розуміти і вміти використовувати на практиці базові поняття з теорії готельної та ресторанної справи, організації обслуговування споживачів та діяльності суб'єктів ринку готельних та ресторанних послуг, а також суміжних наук.

3) Розуміти принципи, процеси і технології організації роботи суб'єктів готельного та ресторанного бізнесу.

4) Аналізувати, інтерпретувати і моделювати на основі існуючих наукових концепцій сервісні, виробничі та організаційні процеси готельного та ресторанного бізнесу.

5) Виконувати самостійно завдання, розв'язувати задачі і проблеми, застосовувати їх в різних професійних ситуаціях та відповідати за результати своєї діяльності.

6) Аргументовано відстоювати свої погляди у розв'язанні професійних завдань при організації ефективних комунікацій зі споживачами та суб'єктами готельного та ресторанного бізнесу.

7) Розуміти вимоги до діяльності за спеціальністю, зумовлені необхідністю забезпечення сталого розвитку України, її зміцнення як сучасної розвиненої демократичної, соціальної, правової держави [1–5].

У зв'язку з тим, що Україна на даний момент забезпечена власними енергетичними ресурсами не більше ніж на 40 %, а середня вартість енергії на питомий продукт, який випускався українською харчовою та хімічною промисловістю до загарбницької війни, у 1,5 – 2 рази перевищувала цей показник для індустріально розвинених країн, більшість діючих українських підприємств підлягають реконструкції або оптимізації обладнання, перш за все, з погляду ресурсо- і енергозбереження. При будівництві нових підприємств так само необхідно використовувати сучасні ресурсо- і енергозберігаючі методи проектування технології та обладнання різновидів галузей об'єктів.

Структура технологічних процесів та обладнання галузей сучасної технології харчування промисловості у багатьох випадках може бути класифікована-ідентифікована як технологічна система. Слід враховувати при проектуванні обладнання, що протікання багатьох процесів супроводжується хімічними реакціями в апаратах, що застосовуються в сучасній технології харчування,

ці процеси супроводжуються переносом (передачею) теплоти: при екзо- і ендотермічних реакціях.

### Приклади розробки технологічних та функціональних складових об'єктів харчування.

Класичні теорії харчування Антична теорія сформувалася в добу давньогрецького мислителя Аристотеля (384-322 до н. е.) і проіснувала до часів давньоримського лікаря Галена (близько 150-200 до н. е.)- Відповідно до цієї теорії, живлення всіх структур організму відбувається за рахунок крові, що безперервно утворюється в травній системі з харчових речовин у результаті складного процесу невідомої природи, певною мірою подібного до бродіння.

Теорія збалансованого харчування виникла понад 200 років тому і донедавна мала перевагу в дієтології. Ця теорія встановлює норми фізіологічних потреб в енергії, білках, жирах, вуглеводах, вітамінах і мінеральних речовинах для різних груп населення. Класична теорія збалансованого харчування ґрунтується на таких основних положеннях: їжа складається з компонентів, різних за фізіологічним значенням: нутрієнтів, баластних речовин (від них її можна очистити), шкідливих і токсичних сполук; надходження харчових речовин відбувається шляхом руйнування харчових структур і всмоктування корисних речовин; утилізація їжі здійснюється самим організмом; метаболізм організму визначається необхідним рівнем амінокислот, моноцукрів, жирних кислот, вітамінів і мінеральних солей; ідеальним вважається харчування, за якого надходження харчових речовин відповідає їх витратам. На основі теорії збалансованого харчування було розроблено різні харчові раціони для всіх груп населення з урахуванням фізичних навантажень, кліматичних та інших умов; створено нові харчові технології; виявлено раніше невідомі амінокислоти, вітаміни, мікроелементи. Вагомий доробок у розвиток теорії збалансованого харчування внесли академік А. Покровський і його учні. Відповідно до цієї теорії, загальна кількість харчових речовин має бути не меншою за 60, зокрема 18 амінокислот. 12 вітамінів, 16 мінеральних речовин. Співвідношення між білками, жирами і вуглеводами має становити 1:1,3:4,6. Згідно з теорією адекватного харчування харчовий раціон повинен не тільки бути збалансованим і оптимальним, відповідати характеру обміну речовин, але й враховувати механізми травлення, що вироблені еволюцією. Важливою її складовою є теорія збалансованого харчування. Більшість авторів виділяють наступні основні положення адекватного харчування: необхідними компонентами їжі є не тільки нутрієнти, але й баластні речовини (харчові волокна); нормальне харчування забезпечується як потоком нутрієнтів із травного каналу, так і кількома спрямуваннями нутрієтивних і регуляторних речовин, що мають життєво важливе значення; у метаболічному і особливо трофічному відношенні асимілюючий організм розглядається як надорганізм; існує

ендоекологія організму, що утворюється мікрофлорою його кишок; баланс харчових речовин досягається внаслідок звільнення нутрієнтів із структур їжі шляхом ферментативного розщеплення її макромолекул за рахунок порожнинного й мембранного травлення (у ряді випадків внутрішньоклітинного), а також внаслідок синтезу нових речовин, у тому числі незамінних; харчування підтримує молекулярний склад і відшкодовує енергетичні та пластичні витрати організму на основний обмін, зовнішню роботу й ріст. За теорією адекватного харчування, крім основного потоку харчових речовин з травного каналу, у внутрішнє середовище організму людини спрямовано ще п'ять потоків, важливість яких раніше недооцінювалася: гормонів та гормоноподібних сполук; вторинних корисних харчових сполук, які утворюються з баластних речовин під впливом мікрофлори товстої кишки; токсичних сполук, які формуються з токсичних компонентів харчових продуктів; еволюційно важливий компонент харчових продуктів, необхідний для нормального функціонування шлунково-кишкового тракту й організму в цілому. Паралельно з розвитком та становленням теорій харчування обґрунтовувалися різні його концепції. Відображення потреби у збільшенні оздоровчої функції харчування стала концепція оптимального напрямку розвинення галузі промисловості. Згідно з нею для забезпечення здоров'я до раціону харчування сучасної людини повинні входити природні харчові продукти, а також збагачені біологічно активними речовинами і біологічно активні добавки, що містять мікронутрієнти. Сучасні дані науки про харчування дають змогу виділити чотири сторони біологічної дії їжі на організм і відповідно 4 різновиди харчування (табл. 3: А – групи населення, 1 – здорові, 2 – групи ризику, 3 – групи із шкідливими умовами праці, 4 – хворі).

Таблиця 3. Біологічна дія різновидів харчування

А	Різнovid харчування	Призначення харчування	Біологічна дія
1	Раціональне	Профілактика аліментарних захворювань	Специфічна
2	Лікувально-профілактичне	Профілактика професійних захворювань	Захисна
3	Дієтичне (лікувальне)	Відновлення порушеного хворобою гомеостазу і діяльності систем організму	Фармакологічна
4	Лікувально-профілактичне	Профілактика професійних захворювань	Захисна

Раціональне харчування має певний режим і враховує фізіологічні потреби організму в поживних речовинах.

Превентивне (функціональне) харчування – це скореговане раціональне харчування з урахуванням чинників ризику захворювань багатofакторного походження (атеросклероз, гіпертонія, цукровий діабет, ішемічна хвороба серця, патологія органів

травлення). Лікувально-профілактичне харчування – близьке до раціонального з підсиленням тих чи інших специфічних функцій їжі щодо запобігання несприятливому впливу шкідливих виробничих факторів. Дієтичне (лікувальне) харчування – раціональне харчування, що його призначають переважно хворим людям, враховуючи їхній стан здоров'я.

Науково обґрунтоване харчування різних вікових і професійних груп населення, незалежно від його різновиду базується на вченні про функції їжі, на фізіолого-гігієнічних вимогах до харчового раціону, режиму харчування і умов прийому їжі. Раціони, що містять певну кількість продуктів кожної групи, надійно забезпечують гомеостаз організму і підтримують на високому рівні функціональні системи. Тривала відсутність у раціоні будь-якої групи продуктів призводить до порушення обміну речовин і діяльності різних органів і систем. Звичайна їжа, що складається із тваринних і рослинних продуктів, засвоюється добре: білки – на 84,5 %, жири – на 94 %, вуглеводи – на 95,6 %. Коефіцієнти засвоюваності поживних речовин окремих продуктів наведені у табл. 4 (А – Вид продуктів та їжа, 1 – овочі різні; 2 – картопля; 3 – фрукти, ягоди, горіхи; 4 – борошно, хліб, макарони, рис, манна крупа; 5 – оббивне борошно, хліб, бобові, крупи; 6 – цукор; 7 – кондитерські вироби, мед, варення; 8 – олія, маргарин).

Таблиця 4. Біологічна дія різновидів харчування

А	Коефіцієнт засвоюваності		
	білка	жиру	вуглеводів
1	80	–	85
2	70	–	95
3	85	95	90
4	85	93	96
5	70	92	94
6	–	–	99
7	85	93	95
8	–	95	–

#### Приклади сучасних технологій харчування.

Сучасні технологічні процеси виробництва плодово-ягідних соків, зазвичай, представляють як складні стадії віджиму або дифузії. У виробництві плодових і овочевих соків для їх відокремлення від м'якоти використовують преси та екстрактори. Консервовані соки класифікують за основними типами: натуральні – отримують з одного виду сировини, без додавання інших соків, цукру, консервантів; купажовані – отримують додаванням інших видів сировини або купажуванням різних сортів такого ж виду сировини; з цукром – для пом'якшення кислого смаку соків, для соків без м'якоти або з цукровим сиропом – для соків з м'якоттю для надання такому продукту консистенції напою; фруктові напої – виготовляють з двох-чотирьох видів плодових соків (30 – 50 %) з додаванням цукрового сиропу невеликої концентрації; концентрати – згущені соки, отримані з натуральних шляхом видалення частки води; сатуровані – насичені

двооксидом вуглецю для поліпшення смаку і надання освіжаючих властивостей; зброджені – частковий або повний перехід сахарів сировини у етиловий спирт, наприклад, яблучний сидр.

Соки без м'якоти поділяють на освітлені прозорі і неосвітлені: освітлений сік – це густа прозора рідина, для якої допускається наявність ущільненого осаду з пектинових і білкових речовин або кристалів винного камню (кисла виннокам'яна сіль); неосвітлений сік – це в'язкий непрозорий продукт рідкої консистенції. До сировини пред'являють наступні вимоги: свіжа з приємним смаком і красивим забарвленням; без гнилі і плісняви; технічної стадії зрілості і ін. Вміст соку у м'якоті плодів (С) визначають з відношення сухих речовин (або кислотності) плодів ( $a_1$ ) і віджатого соку ( $a_2$ ):  $C = (a_1 / a_2) \cdot 100, \%$ .

Фізико-хімічні властивості плодових соків (табл. 4) складаються з таких показників: 1 – масова частка сухих речовин (% , не менше); 2 – титруєма кислотність (у перерахунку на яблучну, % , не менше); 3 – масова доля осаду білкових і пектинових речовин (% , не більше); 4 – масова доля сорбінової кислоти (% , не більше).

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники плодових соків

Сік	1	2	3	4
Яблучний освітлений	70	2,5	0,5	0,1
Яблучний неосвітлений	55	2,0	1,0	0,1
Виноградний	70	1,	–	0,1
Вишневий	70	5,0	–	0,1
Журавлинний	54	15,0	–	0,1

Плодові соки це складні полідисперсні системи, які складаються з крупних і дрібних завислих часток; а також – колоїдно-, молекулярно- і іоннорозчинні речовини. Крупні частки швидко осідають і легко видаляються механічною дією – сепаруванням, відстоюванням, грубим фільтруванням і ін. Дрібні частки і колоїдно-розчинні речовини – пектин, дубильні, барвникові і інші речовини – обумовлюють мутність соку і потребують спеціальних методів для їх видалення, які руйнують або осаджують колоїдні речовини.

При виготовленні неосвітлених соків застосовують тільки очистку, а при виготовленні освітлених соків додатково ще застосовують спеціальні методи для освітлення – ферментний і фізико-хімічний.

Іоннорозчинні речовини – сахара, органічні кислоти, мінеральні солі, вітаміни і ін. – це складова частина соку, яка відповідає за його органолептичні властивості, харчову і біологічну цінність, тобто при застосуванні всіх методів освітлення повинна зберігатися найбільш повно. Речовини для освітлення не можуть мати у своєму складі токсичних речовин і повинні повністю видалятися з соку.

Освітлення соків проводять з наступними цілями: попереднє освітлення для облегшення проведення процесів видалення завислих часток м'якоти у

сепараторі; видалення речовин, які приводять до подальшого помутніння; поліпшення органолептичних властивостей продукту. На ефект освітлення має вплив доза і властивості освітлюючих речовин, а також рН соку і його температура. Більш висока кислотність соку підвищує ефект освітлення при однакових дозах освітлюючих речовин, а температуру треба підтримувати на постійному рівні для скорішого осаджування завісі.

До складу колоїдних часток соку, які дають мутність, входять пектинові речовини – захисні колоїди для завислих часток, крохмаль, білки, поліфенольні сполуки і інші. Освітлення соку ферментами проводять періодичним або безперервним способом з застосуванням пектолітичних ферментів (0,01 – 0,03 % від маси соку), які деполімеризують пектин, і амілолітичних ферментів, які розщеплюють крохмаль. Процес освітлення проводять 2 – 3 ч при температурі 18 – 20 °С або 1 ч при 40 – 45 °С у ферментерах або збірниках з мішалкою закритих і с термоізоляцією.

До пектолітичних ферментних препаратів можливо добавляти желатин для розщеплення і осадження пектинових речовин за рахунок нейтралізації негативно заряджених часток пектинових речовин позитивно зарядженими частками желатину.

Освітлення бентонітом – це простий, перевірений і надійний спосіб видалення білкової мутності, але можливе зниження забарвлення соку і навіть зміна його мінерального складу, а при освітленні яблучного соку утворюється великий об'єм осаду, що приводить до втрати значної кількості соку. Бентоніт – природний мінерал з класу глин, активним компонентом якого є колоїдний гідрат сілікату алюмінія шаруватої структури – перед використанням

у якості освітлювача яблучного або виноградного соку розмелюють до тонкодисперсного порошку. Отриманий порошок заливають гарячою водою (70 – 80 °С) у співвідношенні 1: 4, розмішують, обробляють гострою парою 2 – 4 ч без перемішування і потім залишають на 8 – 12 ч для набухання. Високий вміст тонкодисперсних речовин у бентоніті обумовлює його високі адсорбційні властивості і здатність утворювати тонкі суспензії у рідинах. Після набухання суміш перемішують і на її основі готують 5 – 10 % суспензію на соці для освітлення. Суспензію фільтрують через сітку з діаметром отворів 2 – 3 мм і пробним шляхом визначають дозування бентоніту для освітлення.

Для освітлення соків застосовують миттєве нагрівання до температури 80 – 90 °С, витримку при такій температурі 1 хв., швидке охолодження до температури 35 – 40 °С і сепарування. Нагрівання можна поєднувати з іншими способами освітлення, що приводить до збільшення коагуляції білкових речовин, порушення стійкості колоїдної системи і перехід колоїдів у осад. Процес проводять на пластичастих пастеризаторах-охолоджувачах або у трубчастих трьохсекційних підігрівачах.

Основний спосіб вироблення соків без м'якоті – пресування підготовленої спеціальними способами сировини (рис. 1–3), вихід продукту (соку) – основна характеристика ефективності проведення процесу, залежить, в основному, від клітинної проникності плодової тканини сировини (без урахування впливу технологічних особливостей). До збільшення виходу деякої сировини приводить її нагрівання – під дією високої температури білки протоплазми клітин згортаються і клітинна проникність збільшується, наряду з цим проведення такої операції сприяє переходу більшої кількості барвників і ароматичних речовин з м'якоті і шкірочки сировини до соку.

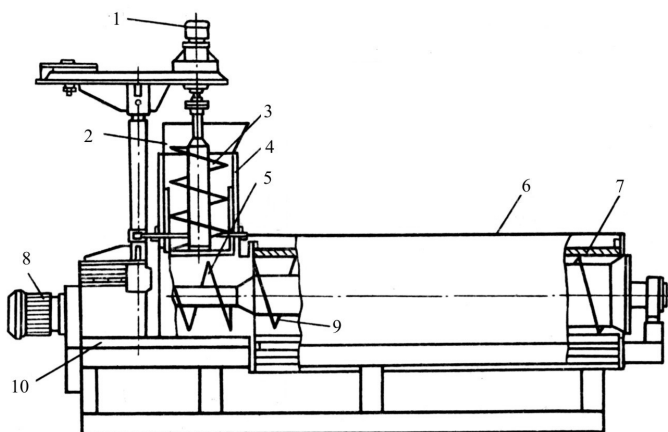


Рис. 1. Шнековий прес РЗ-ВПЦ2:

- 1, 8 – електродвигун; 2 – живильник; 3 – рухомий шнек;  
4, 10 – перфоровані циліндри; 5 – транспортувальний шнек;  
6 – кожух; 7 – щільовий циліндр; 9 – пресувальний шнек

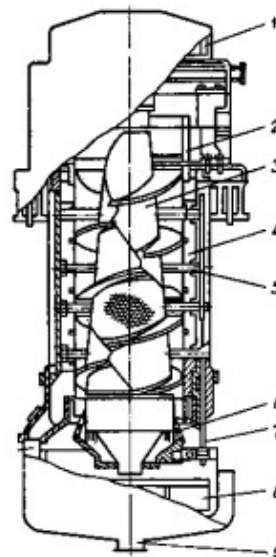


Рис. 2. Вертикальний шнековий прес:

- 1 – приводна шестерня; 2 – завантажувальна вирва;  
3 – шнек; 4 – роз'ємне сито; 5 – контропаль; 6 – конічне сито; 7 – болт; 8 – скребок; 9 – штуцер; 10 – канал



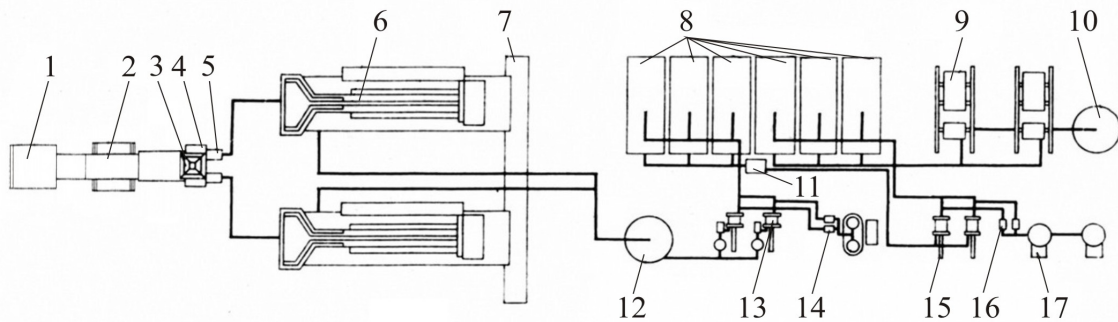


Рис. 3. Лінія виробництва яблучного соку «Техноекспорт»: 1 – барабанна мийна машина; 2 – мийно-сортувальна машина; 3 – дробарка; 4, 8, 10, 12, 16 – збірники; 5 – гвинтовий насос; 6 – стрічковий прес безперервної дії; 7 – стрічковий транспортер; 9 – кізельгурів вакуум-фільтр; 11, 14 – насоси-дозатори; 13 – пластинчастий теплообмінник; 15 – охолоджувач; 17 – нагрівники

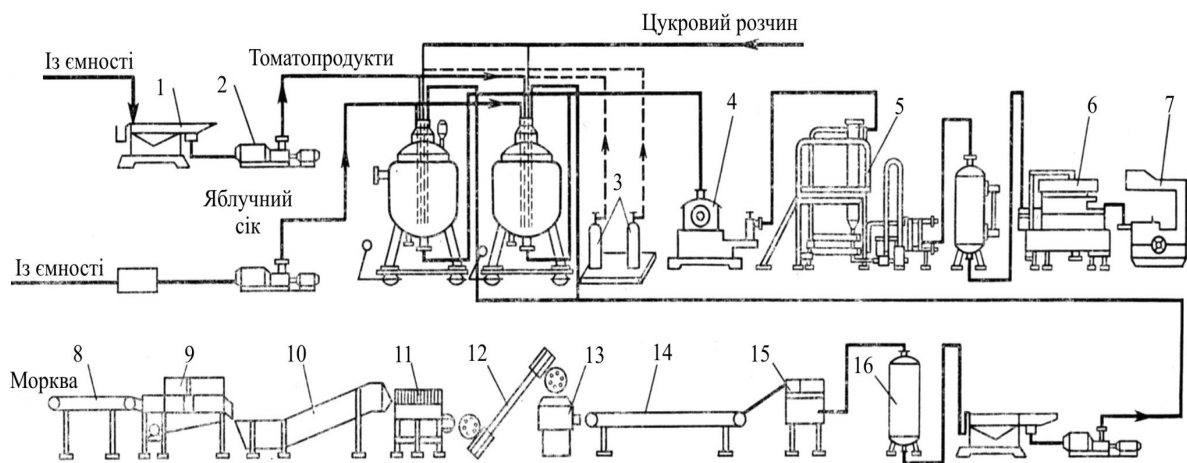


Рис. 4. Технологічна схема виготовлення напою «Літній»: 1 – протиральна машина; 2 – поршневий насос; 3 – балони з вуглекислою; 4 – гомогенізатор; 5 – деаератор-пастеризатор; 6 – наповнювач; 7 – закаточна машина; 8 – інспекційний стіл; 9 – барабанна мийна машина; 10 – вентиляторна мийна машина; 11 – механізм для обрізання кінців; 12 – апарат паротермічного чищення; 13 – машина для знімання шкірки; 14 – транспортер; 15 – машина для нарізання овочів; 16 – дигестер

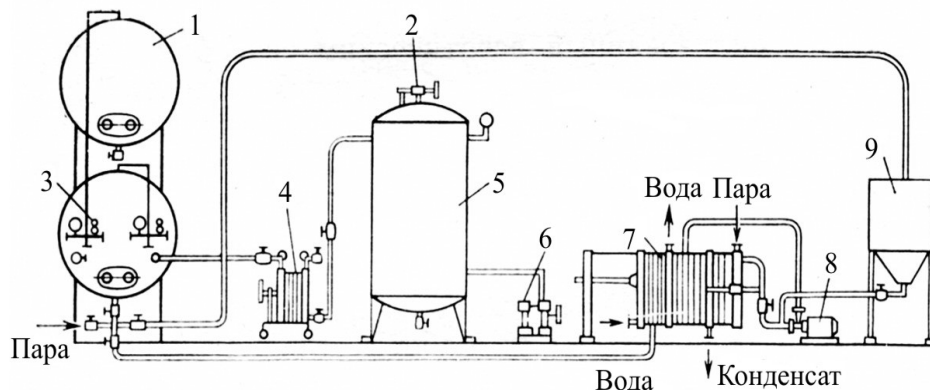


Рис. 5. Технологічна схема асептичного консервування соків: 1 – резервуар для зберігання соку; 2 – запобіжний клапан; 3 – асептична арматура; 4 – пластинчастий фільтр для стерилізації повітря; 5 – ресивер для подачі стиснутого повітря; 6 – компресор; 7 – пластинчастий пастеризатор; 8 – насос; 9 – збірник

Для інтенсифікації процесу вироблення соку – полегшення виходу соку з сировини – отримують мезгу шляхом дроблення, в основному на дробарках різної конструкції плодів і ягід, а насінні плоди здрібнюють до кашоподібного стану. Механічне дроблення не приводить до ушкодження

цитоплазматичних мембран усіх клітин, тому іноді, його доповнюють іншими операціями: нагрівання, заморожування, обробка ферментними препаратами, електроплазмоліз і ін. Віджим соку проводять на пресах періодичної дії (гідрравлічні, пневматичні, гвинтові і ін.) без зсуву і здрібнення або безперервної

дії, в основному, шнекового типу – мають вищу продуктивність, дозволяють знизити кількість відходів на 10 – 12 %, але частково перетирається мезга, сік отримують мутний, який освітлюється трудніше.

За методом консервування соки поділяють на: пастеризовані, холодного зберігання і асептичного консервування. Кількість осаду у плодово-ягідних соках визначають висушуванням на фільтрі нерозчинених у 100 см<sup>3</sup> соку речовин до постійної маси при температурі 100 – 105 °С.

Для асептичного консервування рідких і пореподібних продуктів є багато технологічних схем з використанням різноманітних установок, які постійно удосконалюються. Асептичне консервування – це стерильний розлив охолодженого стерильного соку у стерильну тару. Цей спосіб розглядають як варіант подальшого розвитку і удосконалення методу гарячого розливу, де зводяться до мінімуму небажані зміни якості соку під дією високої температури (рис. 6).



Рис. 6. Температурні зміни продукту у часі при стерилізації: 1 – асептичне консервування; 2 – гарячий розлив; 3 – в автоклаві у тарі

Для соків з м'якоттю, вміст визначають центрифугуванням 10 г суміші у спеціальних пробірках протягом 20 хв. при частоті обертання 1500 хв<sup>-1</sup> з наступним ваговим визначенням кількості м'якоти в осаді.

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

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

До навчально-методичного комплексу дисципліни входять: навчальна й робоча програми по дисципліні, семестрові календарні плани, опис рейтингової системи по дисципліні із вказівкою на види робіт, контрольних точок, балів за кожний вид робіт, контрольні завдання для поточного й підсумкового контролю знань по дисципліні, навчально-методичні рекомендації для викладачів і студентів за критеріями, які пов'язані із проведенням контролю.

Тематика індивідуальних завдань і вимоги до їхнього змісту й оформлення пов'язані з матеріалами поточного контролю за окремими темами лекційного матеріалу дисципліни.

Студентам надані різновиди лекційних та навчально-методичних матеріалів з організації самостійної роботи студентів, методичні розробки по даній дисципліні, у тому числі їх електронні версії, перелік використовуваних наочних матеріалів і технічних засобів навчання щодо контролю [1–5].

Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти або завдання, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання. Представлені можливості комплексного інноваційного навчання студентів можуть бути застосовані для різновидів галузей сучасної харчової технології з урахуванням розвитку діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів харчової та хімічної інженерії.

Велике значення у вирішенні цієї проблеми відводиться підготовці відповідної науково-технічної літератури, що пояснює схему та логіку прийняття технологічних рішень та має у своєму складі приклади, розрахунки, алгоритми дії та необхідні довідкові дані.

#### **Список літератури**

1. Орлова Є.І., Лещенко В.О., Бухкало С.І. Приклади та задачі до курсу «Загальна технологія харчових виробництв» (навч.-мет. посібник), Харків: НТУ «ХП», 2001. 140 с.
2. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с.
3. Бухкало С.І., Товажнянский Л. Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2005. 460 с.
4. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2005. 496 с.
5. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. Харчові технології у прикладах і задачах [текст] підручник К.: ЦНЛ, 2008. 600 с.
6. Бухкало С.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А. Технологічне обладнання харчової галузі (навч. посібник). Х.: УПА-2009, 185 с.
7. Бухкало С.І., Лазарев М.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А., Рубан Н.П., Новосельцев О.О. Процеси та апарати харчових виробництв (навч. посібник). Х.: УПА-2009, 153 с.
8. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Зипунников М.М., Ольховська О.І. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К.: ЦНЛ, 2013. 352 с.
9. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.

11. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) / Товажнянський Л.Л., Денисова А.Є., Демидов І.М., Капустенко П.О., Арсенєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 468 с.
13. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
14. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
15. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом К.: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
16. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 201 с.
17. Бухкало С.І., Ігліні С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 208 с.
18. 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 «ХП». С. 217.
19. Сирку М.А., Бухкало С.І., Ігліні С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнутова М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах 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 «ХП». С. 342.
20. Ситник В.В., Яценко Б.С., Бухкало С.І., Сирку М.А., Касьян А.С., Оса О.В. Визначення експериментальних властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХП». С. 343.
21. Мальцева А.О., Бухкало С.І., Ігліні С.П., та ін. Загальні умови процесів кристалізації цукру. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХП», с. 233.
22. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХП», с. 249.
23. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
24. 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.
25. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
26. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
27. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaf and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
28. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.:, 2014. № 16. С. 3–11.
29. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Ольховська В.О., Зіпунніков М.М. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 66–74. doi: 10.20998/22204784.2019.15.12
30. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi: 10.20998/22204784.2019.21.13
31. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.

#### References (transliterated)

1. Orlova Є.І., Leshhenko V.O., Bukhhalo S.I. Prikladi ta zadachi do kursu «Zagal'na tehnologija harchovih virobniactv» (navch.-met. posibnik), Kharkiv: NTU «KhPI», 2001. 140 p.
2. Bukhhalo S.I. Tehnologija osnovnih harchovih virobniactv u prikladah i zadachah (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. 184 p
3. Bukhhalo S.I., Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P.A., Havin G.L. Osnovnye tehnologii pishhevih proizvodstv i jenergosberezenie (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 460 p.
4. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O., Orlova Є.І. Zagal'na tehnologija harchovih virobniactv u prikladah i zadachah [tekst] pidr. K.: CNL, 2005. 496 p
5. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O., Orlova Є.І. Harchovi tehnologii u prikladah i zadachah [tekst] pidruchnik K.: CNL, 2008. 600 p.

6. Bukhhalo S.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A. Tehnologichne obladnannja harchovoï galuzi (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 185 p.
7. Bukhhalo S.I., Lazarev M.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A., Ruban N.P., Novosel'cev O.O. Procesi ta aparati harchovih virobniectv (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 153 p.
8. Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I., Zipunnikov M.M., Ol'hovs'ka O.I. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2013. 352 p.
9. Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah, pidr. K. CNL, 2011. 832 p.
10. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2014. 412 p.
11. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
12. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnjans'kij L.L., Denisova A.C., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hovs'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoï literaturi»: 2016, 468 p.
13. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoï literaturi»: 2018, 108 p.
14. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoï literaturi»: 2019, 108 p.
15. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii pererobki plodoovochevoï sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. Pidruchnik z grifom. K: «CNL»: 2022, 108 p.
16. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noï vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja. Ch. II/za red. prof. Sokola C.I. Kh.:NTU «KhPI». 201 p.
17. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hovs'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noï vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II. / za red. prof. Sokola C.I. H.:NTU «KhPI». 208 p.
18. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noï 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 C.I. – Harkiv: NTU «KhPI». 217 p.
19. Sirku M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezhah 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 C.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». 342 p.
20. Sitnik V.V., Jacenko B.S., Bukhhalo S.I., Cirku M.A., Kas'jan A.S., Osa O.V. Vznachennja eksperimental'nih vlastivostej sirovini u mezhah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: Ch. II. / za red. prof. Sokola C.I. Kh.: NTU «KhPI». 343 p.
21. Mal'ceva A.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., ta in. Zagal'ni umovi procesiv kristalizacii cukru. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola C.I. – Kh.: NTU «KhPI», p. 233.
22. Ol'hovs'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonmironostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja Ch. II./za red. prof. Sokola C.I. – Kh.: NTU «KhPI», p. 249.
23. 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 «HPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – p. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
24. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17-19 maja. Kh. Ch. III p. 14.
25. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generation From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138–144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujeV7I2P138-144. http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258).
26. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019. 186442. http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442).
27. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
28. Buhkalo S.I. Udoshkonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «HPI». H.: 2014. № 16. S. 3–11.
29. Buhkalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Ol'hovs'ka V.O., Zipunnikov M.M. Doslidzhennja ta analiz innovacijnih zahodiv z tehnologii kompleksnoi utilizacii pisljaspirovtoï bardii. Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI», 2019. – № 15(1340). – S. 66–74. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.12
30. Bukhhalo S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologij modifikovanih krohmaliv. Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13
31. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. Visnik NTU «KhPI». 2015. № 7 (1116), pp. 103–108.

*Надійшла (received) 19.10.2022*

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

**С. И. БУХКАЛО**

### **КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ КАК СОСТАВЛЯЮЩИЕ ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПИТАНИЯ – МОДЕЛИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

В материалах статьи рассмотрены возможности для определения целей обучения студентов ВУЗов с целью дальнейшей разработки дисциплины для развития составляющих комплексных проектов в виде моделей программирования. При написании статьи использован опыт преподавания дисциплины «Общие технологии пищевых производств» и «Пищевая химия» в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» на кафедре интегрированных технологий, процессов и аппаратов в 2002–2022 годах. Комплексные системы определения составляющих дисциплины обусловили компетентности и качество материала рассматриваются пропущенные через призму собственного творческого восприятия, что делает материал особенно ценным. Разработки проведены с применением современных высокоэффективных научно-обоснованных процессов и аппаратов пищевых производств, например от разновидностей анализа классификации-идентификации, общих понятий и требований современных технологий питания до выбора алгоритмов расчетов на разных стадиях производства и применения. Представлены примеры и некоторые особенности возможных решений обучения, основанные на экспериментальных данных разработки механизмов идентификации-классификации современных технологий питания, процессов и аппаратов, их научного обоснования в виде объектов интеллектуальной собственности.

**Ключевые слова:** современных технологий питания, комплексные производства и оборудование, научно-обоснованные методы обучения студентов, модели программирования.

**S. I. BUKHKALO**

### **COMPLEX INNOVATIVE SYSTEMS OF TEACHING MODERN FOOD TECHNOLOGIES – PROGRAMMING MODELS**

The materials of the article consider the possibilities for determining the educational goals of university students in order to further develop the discipline for the development of complex projects. When writing the article, the experience of teaching the disciplines "General technologies of food production" and "Food chemistry" at the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" at the Department of Integrated Technologies, Processes and Devices in 2002–2022 was used. Complex systems for determining the components of the discipline determined competence and quality material, and the issues under consideration are overlooked through the prism of one's own creative perception, which makes the material especially valuable. Developments are carried out using modern highly effective science-based processes and devices of food production, for example, from types of classification-identification analysis, general concepts and requirements for types of modern food technologies to the selection of calculation algorithms at various stages of production and application. Examples and some features of possible training solutions are presented, which are based on experimental data of the development of identification-classification mechanisms of modern food technologies, processes and devices, their scientific justification in the form of intellectual property objects.

**Key words:** modern food technologies, complex production and equipment, scientifically based methods of teaching students, programming models.

**I. H. ZEZEKALO, S. I. BUKHKALO, I. O. IVANYTSKA, O. O. AHEICHEVA****BOTTOMHOLE FORMATION ZONE RESTORATION MECHANISMS AND METHODS**

The importance of the choice of well exploitation methods is analyzed. Mechanical methods applicable in carbonate reservoirs are discussed. To maintain the efficiency of field development, it is important to maintain the productivity of wells at the planned level throughout the entire production period by increasing their productivity. Productivity increase, skin effect reduction is achieved with the help of acid treatment, the main principle of which is rock dissolution to form a man-made network of microchannels in the bottomhole formation zone, which allows maintaining the recovery rate at the planned level for a long period of time. Forecasting the flow rate of wells in fields with reserves of high-viscosity oil is one of the most difficult tasks in the development of oil fields. Acid treatments quality increasing through new working agent's usage and improving the technology analysis is performed. Acidizing a reservoir is inherently dual in nature in terms of the desired effect: while in some conditions it has a positive effect, in other conditions it may not be applicable at all.

**Key words:** production, productivity, oil and gas engineering, technologies, choice of well exploitation methods, bottom-hole formation zone

**Introduction.**

Increasing the efficiency of impact on the bottom-hole zone of wells using hydrochloric-acid solutions is one of the factors of effective development of oil deposits in carbonate reservoirs. To solve this problem, it is necessary to provide a geological and technological justification for the selection of wells and technological parameters of impact in specific geological conditions of deposits [1–7]. A significant number of technologies proposed to date for stimulating the bottomhole zone using hydrochloric acid indicates a wide variety of productive formations in terms of bedding conditions, geological-physical and physicochemical properties of reservoir rocks and fluids saturating them, differences in the development technology, which must be taken into account when impacting to increase its effectiveness.

The experience of carrying out hydrochloric acid treatments (HAT), highlighted in the literature by various researchers, shows that in different geological and field conditions, this method of influencing the bottomhole formation zone has different efficiency and its value is determined by the influence of a wide variety of factors, among which the main ones are:

- type of HAT (foam acid, thermoacid, regular HAT, etc.);
- technological parameters of HAT (acid volume, injection pressure, acid concentration, etc.);
- geological features of formations (porosity, permeability, fracturing, etc.);
- technological performance of wells and deposits (current reservoir pressure, water cut, frequency of HAT, etc.).

Acidizing a reservoir is inherently dual in nature in terms of the desired effect: while in some conditions it has a positive effect, in other conditions it may not be applicable at all. Speaking about the impossibility of a full-fledged study of the process, it cannot be argued that the preliminary design and modeling does not play an important role in the success of the operation.

HMO planning consists of the following five main steps.

1. Diagnosis of the reasons for the deterioration.

2. Selection of appropriate reagents for processing.

3. Selecting the agent injection mode into the reservoir (designing).

4. Modeling (calculation).

5. Forecasting the final productivity of the well.

As far as we know, drilling a well involves the formation of a mud filter throughout productive intervals in order to prevent drilling fluid from entering the formation and its subsequent clogging. At the same time, it is practically impossible to induce inflow without removing the filter cake. It allows to remove the mud cake and proceed with the operation to call inflow. For the designated purpose, acid is used as the injection agent. It in oil and gas wells is carried out in the presence of inorganic sediments, such as: calcium carbonate, iron carbonate, sulfate salts and iron oxides.

In such cases is carried out to remove inorganic sediments from the well. The most commonly used injection agent in the removal of inorganic sediments is acid, which, among other things, reduces the skin factor. There is another condition under which it is necessary to conduct it. At low reservoir permeability, there is extensive experience with the use of it to create wormholes in the rock by dissolving it, which increases the productivity or injectivity of the well (depending on whether it is producing or injecting).

**Identification of previously unsettled parts of the general problem.**

Acid treatment is a non-stationary non-isothermal three-dimensional process of injection of an agent into a pore medium, which is accompanied by chemical reactions. At the moment when the injection agent enters the reservoir, the rock begins to dissolve in acid, which results in irreversible changes in its reservoir properties (porosity and permeability). Acid consumption also implies mass transfer processes and changes in concentrations. In addition to the above, there is a change in the temperature of the entire system in accordance with the laws of an exothermic reaction that occurs with the participation of acid and rock.

© Zezekalo I.H., Bukhkalov S.I., Ivanytska I.O., Aheicheva O.O., 2022

**The main purpose of this paper is:** to investigate the peculiarities of the bottomhole formation zone restoration mechanisms and methods. Conducting understands the understanding of the types and kinetics of chemical reactions occurring with the participation of acid and breed. During the process there is a continuous change in the concentration of acid.

**The main part.** The rate of depletion of acid is equal to the constant change in the concentration of acid in the superficial conditions, erected to the degree of coefficient, taking into account the change in thermobaric conditions. The function of the concentration of acid depends on the two variables: the reaction time and the distance from the bottom of the well. There are two types of chemical reactions: homogeneous and heterogeneous. If the acid reacts with the breed, then this is a heterogeneous reaction in which the acid is a liquid phase, and the breed is a solid phase. Hydrogen ion should first differ in the breed, react with it, and then the reaction product diffuses back into volume (dissolves). Thus, there are two stages of diffusion and one step of reaction, which cannot belong to a homogeneous reaction, which implies that both phases are liquid. It is obvious that in the process is accompanied by a heterogeneous reaction between the acid (liquid phase) and the breed (solid phase). Technologies for carbonate and terrigenous collectors are fundamentally different. Carbonate breeds (limestone and dolomite) actively react with hydrochloric acid, and reaction products are well soluble in water. In general, there are two modes for oil and gas collectors:

- 1 – impact on the last environment (matrix);
- 2 – acid hydraulic rupture of the layer (hydraulic fracturing).

When exposed to the pore medium, the injection pressure should not exceed the hydraulic fracturing pressure. The use of acid compositions are mainly aimed at increasing productivity (reducing the skin factor) by removing the bridging agent and creating channels of increased conductivity (wormholes).

When comparing carbonate and terrigenous reservoir treatment approaches, as mentioned above, the chemistry of clay reservoir treatment is much more complicated. However, despite the simplicity of describing chemical reactions in carbonate reservoirs, the physical model of the process of carbonate rock dissolution is much more complicated than in clayey rocks. In sandstone, the dissolution process is slow, which means that the acid front moves evenly. In carbonates, the kinetics of the reaction of acid with rock is characterized by a high rate, which leads to uneven dissolution of the rock.

Below is a list of the most commonly used acid compositions for carbonate reservoirs.

As you can see, weak acids are used mainly for bottomhole treatment and cleaning of perforations; hydrochloric acid is used to treat the collector, despite the fact that the deeper the clogging zone extends, the more concentrated the acid must be applied. Thus, the

use of highly concentrated hydrochloric acid is well suited for treatment in carbonate reservoirs.

Table 1. Recommended types of acid compositions for treatment of carbonate reservoirs

Purpose of treatment	Recommended acid and concentration
Bottom hole treatment	5% acetic acid
Treatment of perforations	9% formic acid 10% acetic acid 15% hydrochloric acid
Deep penetrating treatment	15% hydrochloric acid 28% hydrochloric acid Acid emulsion

Due to its high solvent power, hydrochloric acid is the most common reagent in carbonate reservoirs. There are two risk factors associated with the use of hydrochloric acid: high reaction rate and high corrosiveness. To reduce the level of corrosive activity, organic acids are added to the acidic composition. In addition to this, the low solvent power of organic acids makes it possible to reduce the level of uneven reaction front of the acid composition in the rock (formation of wormholes).

In light of the above description of the properties of organic acids, there is a practice of creating acid compositions based on hydrochloric acid with the addition of organic acids to achieve a moderate level of formation of high-permeability channels, which as a result positively affects the increase in well productivity. Organic acids are used for carbonate reservoirs many years.

Experience shows that the use of highly concentrated organic acids will not be effective, due to the possible precipitation of insoluble precipitates during the reaction of the reagent and rock. Permissible concentrations for formic and acetic acids are 13% and 9%, respectively.

During the analysis of the literature on the selection of acid compositions applicable to carbonate rock types, a list of recommendations for the use of hydrochloric acid was summarized and identified, taking into account the temperature of the medium:

$$T \leq 149^{\circ}\text{C} \quad 15\% \text{ HCl or } 28\% \text{ HCl}$$

$$149^{\circ}\text{C} < T \leq 204^{\circ}\text{C} \quad 15\% \text{ HCl or HCl – Acetic acid}$$

$$T > 204^{\circ}\text{C} \quad 10\% \text{ HCl or HCl – Acetic acid}$$

It is important to take into account the fact that the reaction of hydrochloric acid with rock and the reaction of organic acids with rock do not occur simultaneously. In the presence of strong and weak acids in the CS, the weak one enters into the reaction only after the strong one has been worked out.

First to react hydrochloric acid, and only after reaching the minimum concentration of hydrochloric acid, a weak acid reacts with the rock.

This is a kind of delayed action system that allows you to increase the depth of penetration and processing.

Another means of prolonging the reaction is to increase the viscosity of the reactant. In this case, the slowing down of the reaction is provided by slowing down the diffusion of the hydrogen ion into the rock, which is achieved by increasing the viscosity of the acid solution.

One approach to increase the viscosity of an acid is to polymerize its solution. The polymer must be compatible with the acid solution and do not interact with the acid. Viscosity is controlled by adjusting the polymer concentration in the acid formulation. The addition of a polymer to the acid composition reduces its diffuseness and, as a result, the reaction rate (prolongation of the action of the acid on the rock). In addition to adding polymers, viscoelastic surfactants and gels are also used to increase the viscosity.

The second method of increasing the viscosity is fundamentally different from the first. It is based on the ability of a hydrochloric acid solution to mix with oil.

Acid-oil emulsion has a high viscosity and is used for carbonate reservoirs. Such an emulsion is called an acid emulsion.

Acid emulsion, in addition to the possibility of using it in deep-penetrating P treatment, has low corrosion-active properties. Acid emulsion reduces the rate of rock dissolution, has a high displacement capacity and, as a result, allows creating deep-penetrating channels connecting the bottomhole zone and the well. The mechanism of the reaction of rock with acid when using acid emulsion is slightly different from the standard. There is no uniform diffusion of hydrogen ions, and the acid, as an oil-insoluble phase, is represented by small bubbles in the emulsion.

To prepare an acid emulsion, there are some requirements:

1. Acid solution and oil are insoluble. To form a stable oil-acid emulsion, it is necessary to use an emulsifier, the action of which is aimed at reducing the interfacial tension between immiscible liquids.

2. The more energy transferred to the liquids during the mixing process, the more stable the emulsion will be. The best emulsifier in this case is a cationic surfactant, due to the positive charge of the carbonate rock. Like-charged media will repel and the emulsifier will not be able to be absorbed on the rock surface, which will ensure long-term stability of the acid emulsion and ensure deep penetration of the reagent into the formation.

3. Another important aspect in the mechanics of the reaction of the acid emulsion and the rock is the fact that the emulsion is unevenly distributed over the volume of the injected agent, respectively, the reaction rate slows down both with the rock and with the well equipment, which increases the depth of penetration into the reservoir and low corrosive activity of the acid composition.

To achieve the maximum effect, the following conditions must be met: the reagent must be completely delivered to the contaminated reservoir zone, and the reaction products must be completely removed after surgery. Selective injection becomes really necessary in interbedded reservoirs with unstable reservoir properties, since a homogeneous fluid will flow into reservoirs with higher permeability, and low-permeability interlayers will remain untreated and, subsequently unused.

One of the most significant factors is to ensure that the acid composition enters the plugged formation zones. This is especially important in wells that open several productive horizons with different permeability. Since the high-permeability formation absorbs the main part of the acid and the low-permeability formations remain not involved in the acid treatment process.

The area of penetration of the acid composition into the formation is an important component of the success of the treatment. Colmatation, which, among other things, depends on the interaction of fluid and rock, can be distributed unevenly throughout the entire thickness of the formation. In this case, the initial permeability of the reservoir can also be uneven and distributed with a large spread throughout the reservoir. Under such conditions, during matrix treatment of the formation, the behavior of the reagent, which consists in choosing the path with the least resistance (bypassing the most clogged zones along the most permeable or less contaminated ones), ultimately has a detrimental effect. And each subsequent pumped volume of acid continues to go through the already treated zones, getting into the layers that least need acid exposure.

#### **Conclusions and ideas for further investigation.**

There are some physical means of diverting the injected acid composition for selective treatment, which include: the use of rubber-coated balls that are added to the composition of the injected fluid to plug the receiving perforations, and the use of packers that isolate the zone required for treatment during the operation from the rest of the wellbore. Mechanical methods of selective treatment differ from the rest in that they completely cover non-target intervals, directing the entire flow of the reagent into an open area [8–14].

Another available mechanical selective treatment method is coiled tubing (or injection of a reagent using coiled tubing). Flexible pipes allow directional injection of acid into specific reservoir intervals.

In addition to the above mechanical methods of selective acids, there is another specific method applicable in carbonate reservoirs. The method includes the injection of a high-viscosity acid composition (gelled or self-diverting), the viscosity of which varies depending on the fluid velocity. The effect of varying viscosity of the CW depending on its filtration rate makes it possible to uniformly treat the entire productive interval with acid, regardless of the range of change in reservoir properties throughout its entire length. This selective SCR method has recently been introduced into production and shows good results. It should be



mentioned that there are two main methods of intensification of inflow – and hydraulic fracturing. Treatment of the bottomhole formation zone, which is mainly represented by acid treatment technologies, was described in detail earlier in the current chapter. In the last paragraph, a brief description of the fracturing technology will be presented.

#### References

- 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.
- Yakupov R F and Mukhametshin V Sh 2013 Problem of efficiency of low-productivity carbonate reservoir development on example of Turnaisian stage of Tuymazinskoye field *Oil Industry* 12, p. 106–110.
- Zeigman Yu. V., Mukhametshin V. Sh., Khafizov A. R., Kharina S. B., Abutalipova E. M. and Avrenyuk A. N. 2017. Peculiarities of selecting well-killing fluids composition for difficult conditions *Oil Industry* 1, p. 66–69.
- 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 Bukhkalov. 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.

- Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Zippunikov M.M., Olkhovskaya 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

#### References (transliterated)

- Arps, J. J. 1945. Analysis of Decline Curves. Trans. AIME, v. 160, p. 228-247.
- Arps, J. J. 1956. Estimation of Primary Oil Reserves. Trans. AIME, v. 207, p. 182-191.
- 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.
- Yakupov R F and Mukhametshin V Sh 2013 Problem of efficiency of low-productivity carbonate reservoir development on example of Turnaisian stage of Tuymazinskoye field *Oil Industry* 12, p. 106–110.
- Zeigman Yu. V., Mukhametshin V. Sh., Khafizov A. R., Kharina S. B., Abutalipova E. M. and Avrenyuk A. N. 2017. Peculiarities of selecting well-killing fluids composition for difficult conditions *Oil Industry* 1, p. 66–69.
- Zezekalov I.G., Ivanic'ka I.O., Agejcheva O.O. Osnovni principi vidnovlennja produktivnosti sverdlovin 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., Zezekalov I.G., Bukhkalov S.I. Zagal'ni sistemi analizu viddachi plastiv sverdlovin. 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.
- Zezekalov I.G., Bukhkalov S.I., Agejcheva O.O. Dejaki zadachi z pidvishennja viddachi plastiv sverdlovin. 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 Bukhkalov. 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. Kh: NTU «KhPI». p. 114.
- Bukhkalov S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. Х.: Ч. II, с. 201.

- «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu., Mirosnichenko 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.
14. Zezekalo I.G., Bukhhalo S.I., Ivanič'ka I.O., Ageicheva O.O. Analiz pidvishhennja jakosti kislotnih obrobok za rahunok vikoristannja novih robochih agentiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2021. – № 6 (1360). – С. 18–23. doi: 10.20998/2220-4784.2021.01.04

Надійшла (received) 19.10.2022

*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

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

**МЕХАНІЗМИ ТА МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРИБІЙНОЇ ЗОНИ ПЛАСТУ**

Проаналізовано важливість вибору методів експлуатації свердловин. Обговорюються механічні методи, застосовні в карбонатних колекторах. Для підтримки ефективності розробки родовищ важливо підтримувати продуктивність свердловин на плановому рівні протягом усього періоду видобутку за рахунок збільшення їх продуктивності. Підвищення продуктивності, зменшення скін-ефекту досягається за допомогою кислотної обробки, основним принципом якої є розчинення породи з утворенням техногенної мережі мікроканалів у привибійній зоні пласта, що дозволяє підтримувати видобуток на плановому рівні протягом тривалий період часу. Прогнозування дебіту свердловин на родовищах із запасами високов'язкої нафти є однією з найскладніших завдань розробки нафтових родовищ. Проведено підвищення якості кислотних обробок за рахунок використання нових робочих речовин і вдосконалення технології аналізу. Підкислення резервуару за своєю природою має подвійний характер з точки зору бажаного ефекту: хоча в одних умовах воно має позитивний ефект, в інших умовах воно може бути незастосовним взагалі.

**Ключові слова:** видобуток, продуктивність, нафтогазове машинобудування, вибір методів експлуатації свердловин, технології, привибійна зона пласта

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

**МЕХАНИЗМЫ И МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА**

Анализируется важность выбора способов эксплуатации скважин. Обсуждаются механические методы, применимые в карбонатных коллекторах. Для поддержания эффективности разработки месторождений важно поддерживать продуктивность скважин на запланированном уровне в течение всего периода добычи за счет увеличения их производительности. Повышение производительности, снижение скин-эффекта достигается с помощью кислотной обработки, основным принципом которой является растворение породы с образованием техногенной сети микроканалов в призабойной зоне пласта, что позволяет поддерживать дебит на запланированном уровне в течение длительный период времени. Прогнозирование дебита скважин на месторождениях с запасами высоковязкой нефти является одной из самых сложных задач при разработке нефтяных месторождений. Проведен анализ повышения качества кислотных обработок за счет применения новых рабочих агентов и совершенствования технологии. Кислотная обработка пласта носит двоякий характер с точки зрения желаемого эффекта: если в одних условиях она дает положительный эффект, то в других условиях может вообще не применяться.

**Ключевые слова:** добыча, продуктивность, нефтегазовое дело, технологии, выбора способов эксплуатации скважин, призабойная зона пласта.

**М. М. ЗІПУННІКОВ**

## **РОЗРОБКА НЕПРЯМОГО ВІДБОРУ ПРОБ ВОДНЮ З БЕЗМЕМБРАННОЇ ЕЛЕКТРОЛІЗНОЇ КОМІРКИ**

В роботі представлено спосіб відбору проб водню з електролізної комірки для подальшого аналізу складу згенерованого газу. Вирішуючи завдання відбору проби водню нами використовувалась система «електролізна комірка – сепаратор водню – заповнена дистильованою водою газова піпетка». Система забезпечує подачу виробленого в електролізній комірці водню до газової піпетки без змішування з атмосферними газами. Відбір проб водню (кисню) безпосередньо з електролізера для подальшого аналізу проводився без вакуумування ємностей для накопичення газу та з'єднувальних трубопроводів. Метою роботи є розробка та відпрацювання непрямого відбору проб водню з електролізної комірки без вакуумування додаткового обладнання. Методика проведення розробленого непрямого відбору забезпечує чистоту та представництво проби згенерованого в електролізній комірці газу. Система надає можливість транспортувати вироблений в електролізній комірці водень до газової піпетки без змішування з атмосферними газами. Повільне заповнення накопиченим згенерованим воднем газової піпетки дозволяє повністю витиснути з неї дистилат без залишків крапель рідини на стінках піпетки.

**Ключові слова:** водень, електролізна комірка, відбір проб, дистильована вода.

### **Вступ.**

Розширення сфер застосування водню пов'язують з якісними сучасними змінами, що відбуваються у даний час в хімічній, машинобудівній, металургійній, різних видах транспортної та логістичної промисловості, а також, наприклад, у різних видах розвитку енергетичної сфери. Серед існуючих методів одержання водню в промислових масштабах водень виробляється в основному двома методами – каталітичним розкладанням при високій температурі природного газу (метану) та електролізом води [1–17]. Основним недоліком електрохімічного методу одержання водню є його велика енергоємність. Тому, для водневої енергетики актуальним є розробка електрохімічних технологій генерації водню з води з мінімальними витратами електроенергії, чому й присвячений значний обсяг наукових досліджень.

Важливу характеристику електрохімічних технологій становить чистота або кількість домішок в згенерованих газах. Зважаючи на це, забезпечення якісного відбору проб газів є суттєвою складовою досліджень електролізних процесів. Відбір проб водню (кисню) безпосередньо з електролізера для подальшого аналізу має певні складнощі з вакуумуванням з'єднувальних трубопроводів та ємностей для накопичення газу.

**Метою роботи** є розробка та відпрацювання непрямого відбору проб водню з електролізної комірки без вакуумування додаткового обладнання.

### **Експериментальна частина**

В Інституті проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України розроблено технологію електрохімічного отримання водню і кисню високого тиску з використанням газопоглинаючого електрода в безмембранних конструкціях електролізерів. Розроблений електрохімічний метод розкладання води є циклічним, що складається з чергових у часі процесів виділення водню і кисню [18–20].

Для проведення експериментальних досліджень щодо визначення електрохімічної активності та електрохімічних характеристик електродних

матеріалів в катодно-анодних системах створено лабораторну установку, яка моделює процеси, що відбуваються в безмембранному електролізері високого тиску з активним газопоглинаючим електродом. На рис. 1, 2 наведено функціональну схему та зовнішній вигляд розробленої лабораторної установки з безмембранною електрохімічною коміркою для дослідження катодно-анодних пакетів електродів та з системою відбору проб водню.



Рис. 1. Лабораторна установка з безмембранною електрохімічною коміркою і з системою відбору проб водню

© Зіпунніков М.М., 2022

Лабораторна установка має систему електрохімічної генерації водню і кисню, яка складається з реактора, магістральних трубопроводів, сепараторів (промивних склянок) і ємності з

дистильованою водою, а також установка має блок живлення, контролю та управління і систему вимірювання параметрів згенерованих газів.

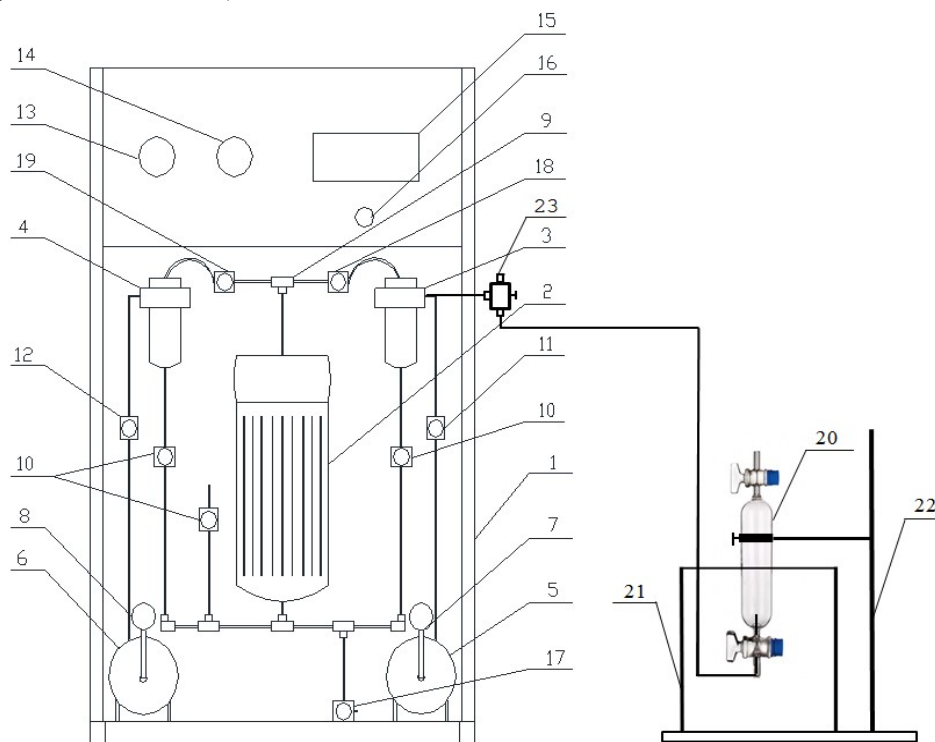


Рис. 2. Функціональна схема лабораторної установки з безмембранною електрохімічною коміркою:

- 1 – корпус установки; 2 – електролізна комірка; 3 – сепаратор водню;
- 4 – сепаратор кисню; 5 – ресивер зберігання водню; 6 – ресивер зберігання кисню;
- 7 – манометр ресивера зберігання водню; 8 – манометр ресивера зберігання кисню;
- 9, 18, 19 – елементи розподільника газорідного потоку;
- 10 – електромагнітні клапани керування потоками у рідинних магістралях;
- 11 – електромагнітний клапан подачі водню у систему зберігання;
- 12 – електромагнітний клапан подачі кисню у систему зберігання;
- 13 – манометр кисневої газової магістралі; 14 – манометр водневої газової магістралі;
- 15 – контролер управління алгоритмом роботи електролізера;
- 16 – вмикач мережного живлення; 17 – електромагнітний клапан системи зливу електроліту;
- 20 – газова піпетка; 21 – ємність з дистильованою водою; 22 – штатив; 23 – триходовий кран

Лабораторна електролізна установка виконана на основі єдиної рами і умовно розділена на дві частини:

– відсік електрохімічної генерації водню і кисню;

– відсік силової електроніки та управління.

Відсік електрохімічної генерації водню і кисню має бак (на рис. 1 не вказаний), за допомогою якого через горловину в систему електролізної установки початково заливається електроліт і в подальшому проводиться періодичне дозоване поповнення дистильованої води. В процесі електролізу при генерації водню і кисню витрачається вода, що входить до складу електроліту, а луг, що міститься в розчині, служить тільки для перенесення іонів. Після вироблення частини води з електроліту її періодично доливають. Поповнення витраченої води здійснюється по досягненню граничної мінімальної

величини об'єму електроліту [20].

Відсік електролізу також включає: електролізну комірку 2 з електродним пакетом; водневий і кисневий сепаратори 3 і 4, що забезпечують первинне очищення водню і кисню від парів електроліту; перемикачі газорідного потоку 9, 18, 19, які забезпечують роздільну подачу газів у водневу та кисневу магістралі. На виході водневої та кисневої газових магістралей встановлено електромагнітні клапани 11, 12 для подачі водню і кисню в ресивери системи зберігання 5, 6. Контроль тиску всередині робочої системи електролізера проводиться за допомогою манометрів 13, 14. У разі необхідності злив електроліту здійснюється через електромагнітний клапан 17.

Електричний відсік вміщує ізольовані блоки управління та живлення, в яких розміщено і скомпоновано все необхідне обладнання для

перетворення змінного струму на постійний (трансформатори, випрямлячі та інвертори), контролю та управління технологічним процесом, в т.ч. параметрами безпеки та забезпечення роботи обладнання в ручному і автоматичному режимах.

Розроблений блок живлення, контролю та управління лабораторної установки забезпечує:

- напругу постійного номіналу і стабілізований струм;
- точне регулювання і контроль величини струму і напруги;
- реверсне перемикання полярності при досягненні заданої величини напруги.

До складу лабораторної установки належать також засоби вимірювальної техніки, що забезпечують вимірювання параметрів електрохімічного генерування водню і кисню та умов випробувань.

Для відбору проби водню використано скляну газову піпетку Зегера 20 (рис. 1) з двома одноходовими кранами. Газові піпетки Зегера застосовуються для відбору, зберігання та транспортування газових проб до місця призначення (тобто для подальшого дослідження складу проби газу). За допомогою кранів простір всередині піпетки закривається герметично.

Слід зазначити, що для розробленого в ІПМаш НАН України безмембранного електролізера неможна застосувати відомий спосіб відбору газу в газові піпетки [21] засмокуванням його водою, що витікає з піпетки, через циклічність генерації водню і кисню.

Розроблена система відбору проб водню має газову піпетку 20, закріплену на штативі 22 над ємністю з дистильованою водою 21 із зануренням нижнього крану піпетки в дистильовану воду. Нижній кран газової піпетки за допомогою силіконової трубки через триходовий кран 23 під'єднано до сепаратора водню 3. При цьому край силіконової трубки заведено в скляну трубку нижнього крана піпетки із зазором. Тобто, внутрішній діаметр скляної трубки нижнього крана більше зовнішнього діаметра силіконової трубки, що дозволяє дистильованій воді за потреби вільно витікати з піпетки 20.

### **Проведення експерименту та обговорення результатів дослідження**

Особливістю перебігу електрохімічних реакцій визначеної на електродах є циклічне чергування окисної та відновної реакції активної маси газопоглинаючого електрода і виділення газоподібного водню і кисню на другому електроді [18–20].

Першим етапом експериментальних досліджень кожного електродного пакета є активація газопоглинаючого електрода, що відповідає двом (трьом) повним циклам окислювально-відновної реакції активної маси газопоглинаючого електрода, яка повинна проходити при малій густині струму

(15 – 30 % від номінального значення). Максимальний тиск водню (кисню) в лабораторній електролізній установці (рис. 1, 2) становить 1-2 атм.

Для проведення експериментальних досліджень необхідно провести наступні підготовчі роботи:

- перевірка роботи лабораторної установки з електрохімічною коміркою;
- заповнення дистильованою водою газової піпетки 20;
- заповнення ємності 21 дистильованою водою;
- встановлення газової піпетки 20 на штатив 22 із зануренням нижнього крану в ємність 21 з дистильованою водою;
- заповнення крізь триходовий кран 23 дистильованою водою силіконової трубки та під'єднання її до нижнього крану газової піпетки;
- підключення зовнішніх вимірювальних пристроїв.

Експериментальні дослідження електродного пакета в умовах лабораторної установки з безмембранною електрохімічною коміркою проводять при декількох значеннях густини струму, тобто за змінної продуктивності електролізної комірки за воднем.

Відбір проби водню виконується наступним чином.

Попередньо, для усунення домішок додаткових газів, крізь триходовий кран 23, відкритий на атмосферу, виконується продувка сепаратора 3 і газової магістралі згенерованим в електролізній комірці воднем.

Потім триходовий кран переключується в робоче положення і накопичений у водневому сепараторі 3 водень крізь триходовий кран 23 за допомогою силіконової трубки подається до газової піпетки 20 з поступовим витисканням дистильованої води з силіконової трубки та газової піпетки, що також забезпечує відсутність у пробі водню домішок додаткових газів.

Подача водню до газової піпетки 20 відбувається крізь нижній кран піпетки, а верхній кран при цьому знаходиться у положенні “закрито”.

Заповнення воднем газової піпетки, в залежності від об'єму піпетки та продуктивності електролізної комірки за воднем, може відбуватись за декілька напівциклів виділення водню. Повільне заповнення накопиченим згенерованим воднем газової піпетки 20 дозволяє повністю витиснути з неї дистилат в ємність 21 без залишків крапель рідини на стінках піпетки.

Після повного витискання усього об'єму води з газової піпетки 20 нижній кран переводиться у положення “закрито” та силіконова трубка від'єднується. Заповнену воднем піпетку можна транспортувати в місце призначення.

В таблиці 1 наведено час заповнення газової піпетки воднем в залежності від режимних параметрів роботи при експериментальних дослідженнях електродного пакета в умовах лабораторної

установки з безмембранною електрохімічною коміркою.

Таблиця 1. Час заповнення газової піпетки воднем в залежності від густини струму

Густина струму, А/м <sup>2</sup>	Об'єм піпетки, мл.	Час заповнення піпетки, хв.
150	500	15
100		25
75		37
50		72

Зменшення тривалості заповнення газової піпетки воднем свідчить про підвищення густини струму на електродах (тобто зростання струму живлення). Отримані експериментальні дані дозволяють розробити оригінальний непрямий відбір проб водню безпосередньо з електролізної комірки без змішування з атмосферними газами.

### Висновки

Розроблено та відпрацьовано непрямий відбір проб водню з безмембранної електролізної комірки без вакуумування з'єднувальних трубопроводів та ємностей для накопичення газу. Методика проведення розробленого непрямого відбору забезпечує чистоту та представництво проби згенерованого в електролізній комірці газу.

Відбір проб водню проводився з використанням системи «електролізна комірка – сепаратор водню – заповнена дистильованою водою газова піпетка». Система надає можливість транспортувати вироблений в електролізній комірці водень до газової піпетки без змішування з атмосферними газами.

Заповнення воднем газової піпетки, в залежності від об'єму піпетки та продуктивності електролізної комірки за воднем, може відбуватись за декілька напівциклів виділення водню. Повільне заповнення накопиченим згенерованим воднем газової піпетки дозволяє повністю витиснути з неї дистилат без залишків крапель рідини на стінках піпетки.

### Список літератури

- 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.
- Якименко Л.М. Электродные материалы в прикладной электрохимии / Якименко Л.М. – М.: Химия, 1977. 264 с.
- Wang M., Wang Z., Gong X., Guo Z. The Intensification Technologies to Water Electrolysis for Hydrogen Production. / Wang M., Wang Z., Gong X., Guo Z. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. – № 29. – P. 573–588. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.090>
- Зіпунніков М.М., Бухкало С.І. Дослідження загальної технології водню за оптимальними параметрами як складова комплексного розвитку асоціації EFCE та CFE-UA / Зіпунніков М.М., Бухкало С.І. // *Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ»*. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – 2021. – № 2 (1362). – С. 70–82.
- Smolinka T. Fuels – Hydrogen Production. Water Electrolysis / Smolinka T. // *Encyclopedia Electrochemical Power Sources*. – 2009. – P. 394–413. <https://doi.org/10.1016/B978-044452745-5.00315-4>
- Phillips R., Dunnill Ch. W. Zero gap alkaline electrolysis cell design for renewable energy storage as hydrogen gas / Phillips R., Dunnill Ch. W. // *RSC Advances*. – 2016. – Vol. 6. Iss. 102. – P. 100643–100651. <https://doi.org/10.1039/C6RA22242K>.
- Troshen'kin V.B., Markosova V.P., Troshen'kin B.A. Heat and mass transfer in hydrogen production by electrolysis of a water-coal suspension / Troshen'kin V.B., Markosova V.P., Troshen'kin B.A. // *Journal of Engineering Physics and Thermophysicsthis link is disabled*. – 2010. – Vol. 83(2). – P. 330–337. <https://doi.org/10.1007/s10891-010-0349-8>
- Zhenpeng Hong, Zixuan Wei, Xiaojuan Han. Optimization scheduling control strategy of wind-hydrogen system considering hydrogen production efficiency, *Journal of Energy Storage*. 2021. 103609. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103609>
- Zheng Tian, Hong Lv, Wei Zhou, Cunman Zhang, Pengfei He. Review on equipment configuration and operation process optimization of hydrogen refueling station. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2022. pp. 3033–3053. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.238>
- V. Solovey, N. Vnukova, A. Grytsenko, P. Kanilo. Influence of energy-environmental factors on the competitiveness of hydrogen as a motor fuel (in transport energy installations). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. Vol. 5(8). pp. 41–46. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.27657
- I. Lynnyk, K. Vakulenko, E. Lezhneva. Analysis of the Air Quality in Considering the Impact of the Atmospheric Emission from the Urban Road Traffic. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021. 207:13–27.
- H.A. Miller, K. Bouzek, J. Hnat, S. Loos, C.I. Bernäcker, T. Weißgärber, L. Röntzsch, J. Meier-Haack. Green hydrogen from anion exchange membrane water electrolysis: a review of recent developments in critical materials and operating conditions. *Sustainable Energy & Fuels*. 2020. Vol 4. pp. 2114–2133. DOI: 10.1039/C9SE01240K
- E. Rozzi, F.D. Minuto, A. Lanzini, P. Leone. Green Synthetic Fuels: Renewable Routes for the Conversion of Non-Fossil Feedstocks into Gaseous Fuels and Their End Uses. *Energies*. 2020. Vol. 13(2). <https://doi.org/10.3390/en13020420>
- Green Hydrogen from Water Electrolysis, Solution for Sustainability. *Energy Industry Review*. 2020. July 1. <https://energyindustryreview.com/energy-efficiency/green-hydrogen-from-water-electrolysis-solution-for-sustainability/>
- A. N. Colli, H.H. Girault, A. Battistel. Non-Precious Electrodes for Practical Alkaline Water Electrolysis. *The Materials*. 2019. Vol. 12(8). 1336. <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/8/1336>
- Feichen Yang, Myung Jun Kim, Micah Brown, Benjamin J. Wiley. Alkaline Water Electrolysis at 25 A·cm<sup>-2</sup> with a Microfibrinous Flow-through Electrode. *Advanced Energy Materials*. 2020. Vol. 10 (25). <https://doi.org/10.1002/aenm.202001174>
- O. Ulleberg, R. Hancke. Techno-economic calculations of small-scale hydrogen supply systems for zero emission transport in Norway. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2020. Vol. 45, № 2. pp. 1201–1211. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319>

- 919320841?via%3Dihub
18. Solovey V.V., Zipunnikov M.M., Kotenko A.L. Researching and adjusting the modes of joint operation of a photoelectric converter and a high pressure electrolyzer / Solovey V.V., Zipunnikov M.M., Kotenko A.L. // International Journal of Hydrogen Energy. – 2022. – Vol. 47, № 66. – P. 28272–28279. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.06.161>
  19. Solovey V.V., Zipunnikov M.M., Rusanov R.A. Increasing The Maneuverability Of Power Units Of The Thermal Power Plants Due To Applying The Hydrogen-Oxygen Systems / Solovey V.V., Zipunnikov M.M., Rusanov R.A. // Journal of Physics: Energy. – 2022. – Vol. 5(1). – P. 10. <https://doi.org/10.1088/2515-7655/aca9ff>
  20. Solovey V.V., Rusanov A.V., Zipunnikov M.M., Semikin V.M. Method for Calculation of the Current Concentration of Alkali in the Electrolyte During the Water Electrolysis Process / Solovey V.V., Rusanov A.V., Zipunnikov M.M., Semikin V.M. // French-Ukrainian Journal of Chemistry. – 2021. – Vol. 9(2). – P. 27–33. DOI: <https://doi.org/10.17721/fujcV9I2P27-33>
  21. Технічний аналіз продуктів органічного синтезу: [Учебное пособие для химических техникумов]. / Колесников А.Л. – М.: Высшая школа, 1966. – 231 с.
  22. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник з грифом МОН / С.І. Бухкало, М.М. Зіпунніков та ін. – К.: ЦНЛ, 2013. – 352 с.
- Bibliography (transliterated)**
1. Vodorod. Svoystva, polucheniye, khraneniye, transportirovaniye, primeneniye: [Sprav. izd.] / D. YU. Gamburg, V. P. Semenov, N. F. Dubovkin, L. N. Smirnova. – М.: Khimiya, 1989. – 672 з.
  2. Yakimenko L.M. Elektroodnyye materialy v prikladnoy elektrokhimii / Yakimenko L.M. – М.: Khimiya, 1977. – 264 s.
  3. Wang M., Wang Z., Gong X., Guo Z. The Intensification Technologies to Water Electrolysis for Hydrogen Production. / Wang M., Wang Z., Gong X., Guo Z. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – № 29. – P. 573–588. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.090>
  4. Zipunnikov M.M., Bukhhalo S.I. Doslidzhennya zahal'noyi tekhnolohiyi vodnyu za optymal'nymy parametramy yak skladova kompleksnoho rozvytku assotsiatsiy EFCE ta CFE-UA / Zipunnikov M.M., Bukhhalo S.I. // Visnyk Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu «KHPI». Seriya: Innovatsiyini doslidzhennya u naukovykh robotakh studentiv. – 2021. – № 2 (1362). – P. 70–82.
  5. Smolinka T. Fuels – Hydrogen Production. Water Electrolysis / Smolinka T. // Encyclopedia Electrochemical Power Sources. – 2009. – P. 394–413. <https://doi.org/10.1016/B978-044452745-5.00315-4>
  6. Phillips R., Dunnill Ch. W. Zero gap alkaline electrolysis cell design for renewable energy storage as hydrogen gas / Phillips R., Dunnill Ch. W. // RSC Advances. – 2016. – Vol. 6. Iss. 102. – P. 100643–100651. <https://doi.org/10.1039/C6RA22242K>.
  7. Troshen'kin V.B., Markosova V.P., Troshen'kin B.A. Heat and mass transfer in hydrogen production by electrolysis of a water-coal suspension / Troshen'kin V.B., Markosova V.P., Troshen'kin B.A. // Journal of Engineering Physics and Thermophysicsthis link is disabled. – 2010. – Vol. 83(2). – P. 330–337. <https://doi.org/10.1007/s10891-010-0349-8>
  8. Zhenpeng Hong, Zixuan Wei, Xiaojuan Han. Optimization scheduling control strategy of wind-hydrogen system considering hydrogen production efficiency, *Journal of Energy Storage*. 2021. 103609. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103609>
  9. Zheng Tian, Hong Lv, Wei Zhou, Cunman Zhang, Pengfei He. Review on equipment configuration and operation process optimization of hydrogen refueling station. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2022. pp. 3033-3053. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.238>
  10. V. Solovey, N. Vnukova, A. Grytsenko, P. Kanilo. Influence of energy-environmental factors on the competitiveness of hydrogen as a motor fuel (in transport energy installations). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. Vol. 5(8). pp. 41-46. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.27657
  11. I. Lynnyk, K. Vakulenko, E. Lezhneva. Analysis of the Air Quality in Considering the Impact of the Atmospheric Emission from the Urban Road Traffic. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021. 207:13-27.
  12. H.A. Miller, K. Bouzek, J. Hnat, S. Loos, C.I. Bernäcker, T. Weißgärber, L. Röntzsch, J. Meier-Haack. Green hydrogen from anion exchange membrane water electrolysis: a review of recent developments in critical materials and operating conditions. *Sustainable Energy & Fuels*. 2020. Vol 4. pp. 2114-2133. DOI: 10.1039/C9SE01240K
  13. E. Rozzi, F.D. Minuto, A. Lanzini, P. Leone. Green Synthetic Fuels: Renewable Routes for the Conversion of Non-Fossil Feedstocks into Gaseous Fuels and Their End Uses. *Energies*. 2020. Vol. 13(2). <https://doi.org/10.3390/en13020420>
  14. Green Hydrogen from Water Electrolysis, Solution for Sustainability. *Energy Industry Review*. 2020. July 1. <https://energyindustryreview.com/energy-efficiency/green-hydrogen-from-water-electrolysis-solution-for-sustainability/>
  15. A. N. Colli, H.H. Girault, A. Battistel. Non-Precious Electrodes for Practical Alkaline Water Electrolysis. *The Materials*. 2019. Vol. 12(8). 1336. <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/8/1336>
  16. Feichen Yang, Myung Jun Kim, Micah Brown, Benjamin J. Wiley. Alkaline Water Electrolysis at 25 A·cm<sup>-2</sup> with a Microfibrous Flow-through Electrode. *Advanced Energy Materials*. 2020. Vol. 10 (25). <https://doi.org/10.1002/aenm.202001174>
  17. O. Ulleberg, R. Hancke. Techno-economic calculations of small-scale hydrogen supply systems for zero emission transport in Norway. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2020. Vol. 45, № 2. pp. 1201-1211. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319919320841?via%3Dihub>
  18. Solovey V.V., Zipunnikov M.M., Kotenko A.L. Researching and adjusting the modes of joint operation of a photoelectric converter and a high pressure electrolyzer / Solovey V.V., Zipunnikov M.M., Kotenko A.L. // International Journal of Hydrogen Energy. – 2022. – Vol. 47, № 66. – P. 28272–28279. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.06.161>
  19. Solovey V.V., Zipunnikov M.M., Rusanov R.A. Increasing The Maneuverability Of Power Units Of The Thermal Power Plants Due To Applying The Hydrogen-Oxygen Systems / Solovey V.V., Zipunnikov M.M., Rusanov R.A.

- // Journal of Physics: Energy. – 2022. – Vol. 5(1). – P. 10.  
<https://doi.org/10.1088/2515-7655/aca9ff>
20. Solovey V.V., Rusanov A.V., Zipunnikov M.M., Semikin V.M. Method for Calculation of the Current Concentration of Alkali in the Electrolyte During the Water Electrolysis Process / Solovey V.V., Rusanov A.V., Zipunnikov M.M., Semikin V.M. // French-Ukrainian Journal of Chemistry. – 2021. – Vol. 9(2). – P. 27–33. DOI: <https://doi.org/10.17721/fujcV9I2P27-33>
21. Tekhnicheskii analiz produktov organicheskogo sinteza: [Uchebnoye posobiye dlya khimicheskikh tekhnikumov]. / Kolesnikov A.L. – M.: Vysshaya shkola, 1966. – 231 p.
22. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). 2-ge vid. dop.: ch. 2, [tekst] pidruchnik z grifom MON / S.I. Bukhhalo, M.M. Zipunnikov ta in. – K.: CNL., 2013. – 352 p.

Надійшла (received) 19.10.2022

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

**Зіпунніков Микола Миколайович (Zipunnikov Nikolai Nikolaevich, Zipunnikov Mykola Mykolayovych)**

– кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу водневої енергетики, ІПМаш НАН України, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0579-2962>;

e-mail: zipunnikov\_n@ukr.net

**M. M. ZIPUNNIKOV**

**DEVELOPMENT OF INDIRECT HYDROGEN SAMPLING FROM A MEMBRANELESS ELECTROLYSIS CELL**

The paper presents a method of hydrogen sampling from an electrolysis cell for further analysis of the composition of the generated gas. Solving the problem of hydrogen sampling, the system "electrolytic cell - hydrogen separator - gas pipette filled with distilled water" was used. The system ensures the supply of hydrogen produced in the electrolysis cell to the gas pipette without mixing with atmospheric gases. Sampling of hydrogen (oxygen) directly from the electrolyzer for further analysis was carried out without evacuating the gas storage tanks and connecting pipelines. The purpose of the work is the development and testing of indirect sampling of hydrogen from an electrolysis cell without vacuuming additional equipment. The developed method of indirect selection ensures the purity and representativeness of the gas sample generated in the electrolysis cell. The system makes it possible to transport the hydrogen produced in the electrolysis cell to the gas pipette without mixing it with atmospheric gases. Slowly filling the gas pipette with the accumulated generated hydrogen allows you to completely squeeze the distillate out of it without remaining drops of liquid on the walls of the pipette.

**Key words:** hydrogen, electrolysis cell, sampling, distilled water.

**Н. Н. ЗИПУННИКОВ**

**РАЗРАБОТКА НЕПРЯМОГО ОТБОРА ПРОБ ВОДОРОДА ИЗ БЕЗМЕМБРАННОЙ ЭЛЕКТРОЛИЗНОЙ ЯЧЕЙКИ**

В работе представлен способ отбора проб водорода из электролизной ячейки для последующего анализа состава сгенерированного газа. Решая задачу отбора пробы водорода, использовалась система «электролизная ячейка – сепаратор водорода – заполненная дистиллированной водой газовая пипетка». Система обеспечивает подачу производимого в электролизной ячейке водорода в газовую пипетку без смешивания с атмосферными газами. Отбор проб водорода (кислорода) непосредственно из электролизера для дальнейшего анализа производился без вакуумирования емкостей для накопления газа и соединительных трубопроводов. Целью работы является разработка и отработка косвенного отбора проб водорода из электролизной ячейки без вакуумирования дополнительного оборудования. Методика проведения разработанного косвенного отбора обеспечивает чистоту пробы сгенерированного в электролизной ячейке газа. Система предоставляет возможность транспортировать производимый в электролизной ячейке водород до газовой пипетки без смешивания с атмосферными газами. Медленное заполнение накопленным сгенерированным водородом газовой пипетки позволяет полностью выжать из нее дистиллят без остатков капель жидкости на стенках пипетки.

**Ключевые слова:** водород, электролизная ячейка, отбор проб, дистиллированная вода.



**С. І. БУХКАЛО, С. П. ІГЛІН, В. О. КРАВЧЕНКО, Є. А. КОПЕЙЧЕНКО, М. В. НАЗАРЕНКО**

## **ПРИКЛАДИ ТА ЗАДАЧІ З КОМПЛЕКСНОГО ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ ХАРЧОВА ХІМІЯ**

У матеріалах статті розглянуті можливості для визначення цілей навчання студентів ВНЗ за дисципліною Харчова хімія з метою подальшої розробки складових комплексних проектів. При написанні статті використано багаторічний досвід викладання дисципліни «Загальна технологія харчової промисловості» в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів. Розробки проведені до застосування сучасних високоєфективних науково-обґрунтованих технологій використання сировини, наприклад, від різновидів хімічного аналізу сировини та продуктів до вибору технологічних стадій. Представлені приклади і деякі особливості можливих рішень навчання, які засновані на експериментальних даних розробки механізмів ідентифікації-класифікації технологічних процесів і апаратів у вигляді об'єктів інтелектуальної власності. У статті показані приклади напрямків вдосконалення технології та обладнання для переробки томатів різними способами, проаналізовані методи інтенсифікації технологічних процесів виробництва з урахуванням отриманих знань з дисципліни Харчова хімія, а також інновацій різновидів компаній зі складною обробкою різновидів сировини. Проблема утилізації різновидів відходів розглядається у вигляді складних комплексних процесів, їх досліджень і аналізу енерго- і ресурсозберігаючих складових.

**Ключові слова:** харчова хімія, сучасні технології харчування, товарознавство та управління закупівлями, технологія продукції ресторанного господарства, комплексні інноваційні проекти, методи навчання студентів.

**Вступ.** Початковим етапом розробки комплексного інноваційного завдання навчання студентів можна означити постановку навчальних курсів, які утворюють цикл з відповідних дисциплін і спрямовані на формування навичок створення й опису систем різного рівня складності.

Згідно з планом навчальної дисципліни «Харчова хімія» передбачено проведення лекцій, практичних занять, самостійної роботи та виконання індивідуального завдання за варіантами. Навчання студентів передбачає поряд із розглядом класифікації-ідентифікації основного лекційного матеріалу встановлення та розгляд кола проблемних питань дискусійного характеру, які недостатньо розроблені в науці й мають актуальне значення для теорії, розрахунків та практики. Лекції проблемного характеру відрізняються поглибленою аргументацією матеріалу дослідження, що викладається. Вони сприяють формуванню у студентів самостійного творчого мислення, прищеплюють їм пізнавальні навички до визначення та аналізу ієрархії складових навчання з урахуванням нормативно-технічної документації (НТД) за різновидами дослідження процесів харчової хімії. Студенти стають учасниками наукового пошуку-обґрунтування та вирішення комплексних проблемних технологічних процесів виробництва різновидів продукції.

**Загальні відомості про об'єкти вивчення та предмет дисципліни.** У деяких виданнях автора за напрямками дисциплін комплексу навчання [1–7] вперше в Україні запропоновано сумісне розглядання теоретичних питань з курсу (32 уч. год.), на підставі яких розроблено практичні та лабораторні роботи (32 уч. год.), вперше розроблені багатоваріантні тестові завдання та задачі з основних тем курсу за болонською системою навчання; індивідуальні та контрольні завдання для самостійної роботи. Засвоєння студентами навчального матеріалу, можна перевірити за результатами їх участі у комплексному ігровому проектуванні до якого включено

індивідуальні елементи нових наукових досліджень, що завершується публікацією статті або тез конференції для кожного студента. При цьому лекції сприяють навчанню студентів – перетворюють усну й письмову інформацію у візуальну форму, що завдяки систематизації й виокремленню найбільш значущих, суттєвих елементів змісту навчання формує у них професійне мислення за комплексними напрямками науково-обґрунтованого дослідження.

Згідно з освітньо-кваліфікаційною характеристикою випускника НТУ «ХПІ» основними складовими його освіти є професійна підготовка та розвиток його особистості: широко застосовуються у навчальному процесі такі методи активного навчання, як ділові ігри, ігрове проектування та сучасне комплексне проектування за основними напрямками навчання. різновиди активізації компетентнісного підходу викладачів і студентів до розробок з інноваційного комплексного проектування студентів починаючи з 2 курсу і далі бакалаврат, магістратура, аспірантура, захист дисертації і т.і. Кафедра ІТПА активно співпрацює з членами Української асоціації хімічної та харчової інженерії, яка є структурною складовою частиною Європейської федерації хімічної інженерії. Також, наприклад, співпраця кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів й менеджменту та оподаткування НТУ «ХПІ». У 2017–2018 рр. згідно з планом комплексного інноваційного проектування проведено підсумковий етап-презентацію за загальною темою «Аналіз можливостей менеджменту комплексних інноваційних проектів енергетичного міксу». До вирішення та розробки основної теми планується залучати студентів НТУ «ХПІ» групи БЕМ-1324а,б, за дисциплінами: «Харчова хімія», «Сучасні технології харчування», «Товарознавство та управління закупівлями», «Технологія продукції ресторанного господарства» та ін.

© Бухкало С.І., Іглін С.П., Кравченко В.О., Копейченко Є.А., Назаренко М.В., 2022

Теми проектів «Дослідження сучасних технологій харчування – комплексні показники та інновації», «Загальні методи прийняття технологічних та управлінських рішень для інноваційних підприємств» та «Загальні характеристики комплексного процесу енергетичного міксу з урахуванням альтернативних джерел енергії». Такі проекти мають статус актуальних проблем сучасності, зв'язаних, перш за все, з високими цінами на енергоносії та потребують участі студентів на усіх стадіях виконання. При проведенні проектування студенти отримали глибокі знання з курсів та компетентності навички до проведення самостійної наукової роботи.

Для сучасних методів навчання наявність об'єктів інтелектуальної власності є обов'язковим складовим елементом системи комплексного оволодіння методами компетентнісного аналізу інноваційних об'єктів промисловості, що відображають різновиди публікацій студентів [8–11].

#### Приклад моделі комплексного проектування.

За умовами концепція безперервного впровадження в навчальний процес комплексної ділової гри нового покоління студенти уявляють себе співробітниками наукового центру з підтримки ключових елементів повного життєвого циклу створення конкурентоспроможної наукоємної продукції.

Замовник туристична фірма «Сучасна Україна» сформулював технічне завдання з урахуванням наявних різновидів органічної рослинної сировини власного виробництва. Одним із варіантів виконання замовлення на початковому етапі можна визначити описовий алгоритм (табл. 1).

Таблиця 1. Ієрархія підготовчих стадій виконання інноваційного дослідження

№	Класифікація-ідентифікація стадій навчання
1	Ознайомлення сформованої підгрупи студентів з варіантами завдання, власний вибір моделі виконання
2	Формування наукового підґрунтя для підготовчих стадій дослідження
3	Обговорення варіантів позицій виконання дослідження за визначеними напрямками та ролями у підгрупі
4	Класифікація-ідентифікація загальних цілей, позицій та моделей виконання для кожного студента за календарним планом підготовчого дослідження
5	Складові наповнення змісту інноваційними напрямками дослідження
6	Формування набору позицій за загальними інноваційними напрямками дослідження
7	Виконання складових позицій за загальними інноваційними напрямками експериментальних та розрахункових досліджень
8	Формування різновидів моделей програмування набору властивостей компонентів за загальними інноваційними напрямками дослідження
9	Формування висновків та перспектив реалізації проектів за визначеними загальними інноваційними напрямками дослідження

Ігрове проектування або ділову гру можливо

виконувати за одним з трьох напрямків: 1) в об'ємі однієї дисципліни, яка викладається на одній кафедрі (на базі курсового проекту, курсової роботи або, навіть лабораторного курсу та розрахункового завдання); 2) в об'ємі кількох спеціальних дисциплін, які викладаються на одній кафедрі; 3) в об'ємі кількох спеціальних дисциплін, які викладаються на різних кафедрах або інших підрозділах.

Такі проекти мають статус актуальних проблем сучасності, зв'язаних, перш за все, з високими цінами на енергоносії та потребують участі студентів на усіх стадіях виконання. Для сучасних методів навчання наявність об'єктів інтелектуальної власності є обов'язковим складовим елементом системи комплексного оволодіння методами компетентнісного аналізу інноваційних об'єктів промисловості, що відображають різновиди публікацій студентів.

Комплексний проект має як мінімум дві групи – у кожній групі є керівник та виконавці за технічним завданням та напрямками їх виконання: інженер-технолог, інженер-дослідник, інженер-дизайнер та інженер-менеджер, але кожен студент оволодіває усіма спеціалізаціями за планом дослідження.

Комунікація між групами студентів різних рівнів відбувається відповідно до виникнення питань за проектом. Періодичність зустрічей-нарад з викладачем 5–10 діб у форматі офлайн або у форматі онлайн за ініціативою будь-якого учасника проекту, «мозкові штурми» після завершення кожного етапу алгоритму виконання.

Мета та результати роботи за представленою методикою: робота в команді, індивідуалізація та організація роботи над інноваційними проектами різних рівнів, оформлення складових дослідження у комплексний проект та презентацію з урахуванням технічного завдання замовника. У результаті різновидів дослідження за розробленим планом студенти та викладачі різних кафедр або інститутів створюють комплексний інноваційний кінцевий продукт або технологію на рівні навчального процесу, наявність експериментальної та розрахункової частини обов'язкова. Впровадження в навчальний процес запропонованої концепції комплексного ігрового проектування, а по суті ділової гри, сприяє розвитку інтелектуальних та організаційних здібностей студентів, формує навички самостійної, організаційної та колективної діяльності, креативність та особистість керівника-студента, що загалом сприяє інтенсивному розвитку науково-технічної творчості випускників вищих навчальних закладів.

Різновиди проектування, наприклад, з курсів «Харчова хімія» та «Сучасні технології харчування» проводять з урахуванням оптимізації процесів ресурсо- і енергозбереження. Підхід до вирішення завдань у кожній з підгруп студенти обирали самостійно з урахуванням результатів аналізу відповідної літератури та проведених наукових досліджень (рис. 1 та 2).

Об'єктом проектування вибрані багатотоннажні сировинні компоненти замовника. Проведено та проаналізовано технологічні розрахунки, аналіз технологічної та функціональної схеми виробництва борошна, особливостей технології харчування та вимог до готової продукції; проведені відповідні експерименти: визначення й дослідження фізичних властивостей клейковини, кислотності та  $\alpha$ -амілази обраних зразків борошна, а також реології

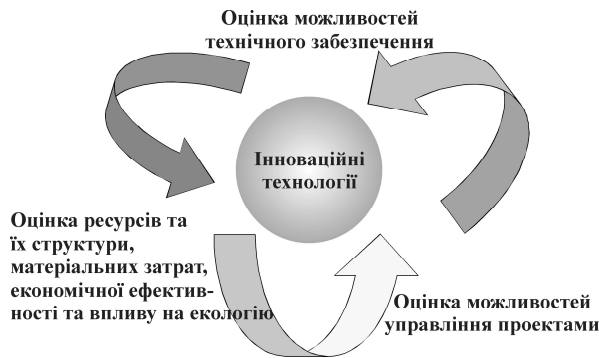


Рис. 1. Різновиди складових технології проектування

виготовленого з нього тіста. Запропоновані інновації щодо поліпшення властивостей різновидів партій сировини та відповідної сучасної продукції, відповідного обладнання, розширення асортименту, підвищення безпекових характеристик, ресурсо- та енергозбереження, проаналізовані різновиди асортименту продукції за різновидами галузей харчування, а також варіанти виробництва лікувально-профілактичного асортименту [12–19].



Рис. 2. Методи вдосконалення технології проектування

### Ієрархія комплексних складових інноваційного навчання за дисципліною.

В якості оціночних матеріалів для поточного, підсумкового контролю знань з різних розділів, для самоконтролю та контролю освоєння компетенцій у навчальний процес включено завдання в тестовій формі – багатоваріантні завдання, які дозволяють, при відносно невеликій кількості аудиторних занять, провести якісний контроль за всіма видами занять, включаючи самостійну роботу студентів. Виконання різновидів завдань передбачає:

- 1) класифікацію-ідентифікацію і аналіз складових за усіма стадіями технологічного процесу;
- 2) обмін думками та поглядами учасників з приводу даної теми за питаннями експериментальних досліджень;
- 3) обмін думками учасників з приводу розрахунків за обраними інноваційними моделями даної теми з урахуванням результатів експериментальних досліджень.

Представлені комплексні дослідження розвивають мислення усіх студентів підгруп, допомагають формувати погляди і переконання, виробляють вміння формулювати цілі інноваційної розробки й розвивати її, навчають оцінювати пропозиції інших студентів-фахівців за обраними ролями проектування, критично підходити до власних поглядів та ін.

У результаті різновидів дослідження за розробленим планом студенти та викладачі різних кафедр або інститутів створюють комплексний інноваційний кінцевий продукт або технологію на рівні навчального процесу, наявність експериментальної та розрахункової частини

обов'язкова. Впровадження в навчальний процес запропонованої концепції комплексного ігрового проектування, а по суті ділової гри, сприяє розвитку інтелектуальних та організаційних здібностей студентів, формує навички самостійної, організаційної та колективної діяльності, креативність та особистість керівника-студента, що загалом сприяє інтенсивному розвитку науково-технічної творчості випускників вищих навчальних закладів.

Презентації – виступи перед аудиторією, що використовуються для представлення певних досягнень, результатів роботи групи, звіту про виконання індивідуальних завдань, проектних та дослідницьких робіт. Презентації можуть бути як індивідуальними, наприклад виступ одного слухача, так і колективними, тобто виступи двох та більше студентів групи.

Студентами проведено за календарним планом дослідження за вимогами замовника та проаналізовано технологічні розрахунки, аналіз технологічної та функціональної схеми виробництва борошна, особливостей технології харчування та вимог до готової продукції. Наприклад, проведені відповідні експериментальні дослідження: визначення й дослідження фізичних властивостей клейковини, кислотності та  $\alpha$ -амілази обраних зразків борошна, а також реологічних властивостей виготовленого з нього тіста.

Запропоновані інновації щодо поліпшення властивостей різновидів партій сировини та відповідної сучасної продукції, відповідного обладнання, розширення асортименту, підвищення безпекових характеристик, ресурсо- та

енергозбереження, проаналізовані різновиди асортименту продукції за різновидами галузей харчування, а також варіанти виробництва лікувально-профілактичного асортименту.

Розглянуто питання вдосконалення технології переробки зерна пшениці в крупу та борошно. Запропоноване новий напрямок в технології переробки зерна пшениці за рахунок формування нового зернового продукту, що дозволяє отримати новий вид крупи.

За результатами дослідження студентами та викладачами комплексного ігрового проектування підготовлено статті до Вісника НТУ «ХПІ» серія

Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів та тези докладів на XXX міжнародну науково-практичну конференції MicroCAD-2022, Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: 19-21 жовтня 2022 р. – Харків: НТУ «ХПІ». У студентів формуються навички та уміння роботи з патентною інформацією на основі спеціально розроблених навчально-методичних вказівок та алгоритмів (рис. 3).

Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти з додатковим творчими завданнями, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання.

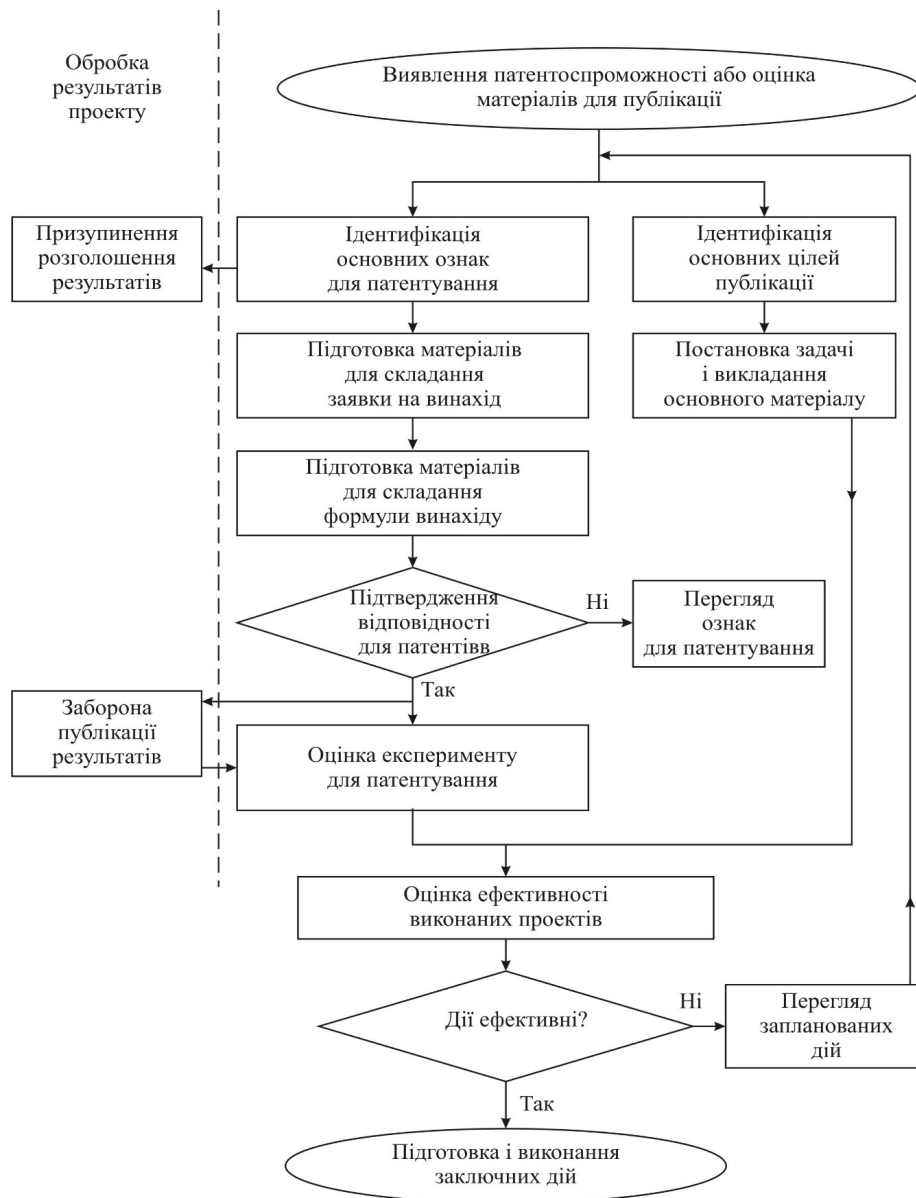


Рис. 3. Алгоритм інформаційної оцінки інноваційного дослідження



Рис. 5. Алгоритм оцінювання роботи зі студентами на усіх рівнях інноваційного дослідження

**Приклад визначення основних результатів інноваційного навчання за дисципліною.**

Прикладом навчання може бути число систем у складі технологічних процесів сучасного харчування і конкретні завдання їх функціонування, які залежать від способу перетворення вихідної сировини і виду продукції, що випускається. Наприклад деякі складові системи технології виробництва різних видів напівфабрикатів можна визначити за комплексною розробленою схемою особливостей:

1. Можливості підвищення ефективності технологічних процесів та апаратів ресурсо- та енергозбереження (рис. 2, 3 та 5).
2. Технологічні операції виготовлення цільових продуктів – ієрархія-класифікація-ідентифікація.
3. Технологічні особливості виготовлення цільових продуктів – класифікація-ідентифікація.
4. Ідентифікація-класифікація обладнання для виробництва різних видів продукції за потребою.
5. Особливості технологічних операцій виготовлення цільових продуктів.
6. Різновиди оптимізації моделей технологічних операцій, особливості процесів та їх можливостей за якістю сировини та продукції.
7. Промислові способи виробництва різних видів продукції – переваги і недоліки.
8. Ієрархія систем визначення раціональних технологічних параметрів процесів на усіх стадіях виробництва (рис. 1 та 6).
9. Аналіз особливостей технологічних параметрів процесів (рис. 6).
10. Характеристика можливих дефектів

продукції, причини їх виникнення та різновиди подолання.

11. Аналіз дефектів продукції пов'язаних з можливими способами удосконалення технології виробництва продукції.

Представлені приклади навчання мають багато позитивних навичок для студентів, особливо у період воєнних дій та онлайн навчання. [17–21].

**Висновки та перспективи подальшого розвитку.**

У якості завдання розглянуто питання вдосконалення технології переробки зерна пшениці в крупу та борошно. Запропоноване новий напрямок в технології переробки зерна пшениці за рахунок формування зернового продукту, що дозволяє отримати новий вид крупи.

Для представленого матеріалу наявна різноманітність тем і завдань, які відповідають основним розділам розглянутих дисциплін «Основні характеристики комплексних проєктів інноваційного промислового підприємства», що розширює можливості підготовки бакалаврів [22–27].

Представлені можливості комплексного інноваційного навчання студентів можуть бути застосовані для різних видів галузей сучасної технології харчування з урахуванням розвитку Європейської Федерації Хімічної Інженерії та громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» з вирішення питань розвитку харчової промисловості: участь та організація Українських та Міжнародних наукових конференцій, семінарів, симпозіумів, обмін науковими досягненнями, організація виставок,

екскурсійних та стажувальних з метою ознайомлення з науковими цінностями членів Організації – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів харчової технології та інженерії (рис. 6).

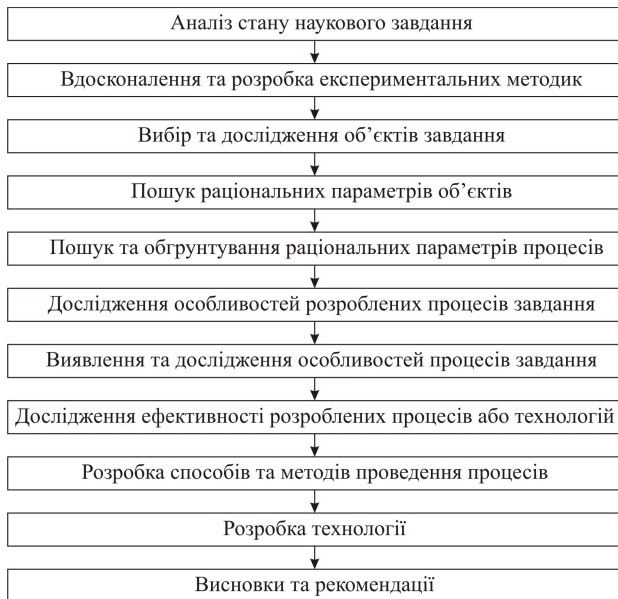


Рис. 6. Алгоритм класифікації-ідентифікації та розробки інноваційного дослідження

Програмним результатом вивчення вищевказаних дисциплін є комплексне уявлення про найважливіші технологічні поняття і визначення складових процесів та методології їх викладання: класифікація-ідентифікація технологічних процесів, апаратів і технологічних потоків; наприклад, кінетика технологічних процесів; технологічні процеси переробки різних видів сировини в харчові продукти; навички при виборі оптимальної технологічної схеми виробництва по удосконаленню й оптимізації технологічних процесів і апаратів з урахуванням зниження питомих енерговитрат та процесів ресурсо- та енергозбереження, підвищення виходу кінцевого продукту і підвищення якості; вміння виконувати розрахунки матеріальних і теплових балансів харчових виробництв, основних технологічних параметрів: продуктивності, вихід продукції, витрати продуктів і ін. – усі перелічені поняття визначаються елементами навчання, вони входять та визначені як елементи для усіх галузей означених дисциплін; кафедра ІТПА має унікальний лабораторний практикум з 30 експериментальних науково-дослідних робіт, який виданий у вигляді підручника з грифом МОН до якого входять експериментальні наукові роботи за темами означених курсів [28–31].

#### Список літератури

1. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХПІ», 2018. С. 217.

2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХПІ», 2018. С. 201.

2. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХПІ», 2018. С. 208.

3. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 2018, Vol.70, – pp. 2047–2052.

4. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. Підручник. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.

5. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., ЗІПУННІКОВ М.М. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи): Підручник. – К.: ЦНЛ, 2013. – 352 с.

6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.

7. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.

8. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнутова М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 342.

9. Ситник В.В., Яценко Б.С., Бухкало С.І., Сирку М.А., Касьян А.С., Оса О.В. Визначення експериментальних властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 343.

10. Мальцева А.О., Бухкало С.І., Іглін С.П., та ін. Загальні умови процесів кристалізації цукру. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 233.

11. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритми пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 249.

12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.

13. 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
14. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
  15. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160–166.
  16. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 72–80.
  17. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/frujc/article/view/258>.
  18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/ejct/article/view/186442>.
  19. 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.
  20. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
  21. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
  22. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) / Товажнянський Л.Л., Денисова А.С., Демидов І.М., Капустенко П.О., Арсенєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 468 с.
  23. Кравченко В.О., Бухкало С.І., Іглін С.П. Приклади визначення складових інформаційних та обчислювальних технологій для різновидів галузей промисловості. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2022. – № 1(1363). – С. 70–78. doi: 10.20998/2220-4784.2022.1.11
  24. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. нпр. конф. MicroCAD2018, 1618 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 208 с.
  25. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП». 2014. № 16. С. 3–11.
  26. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнута М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. нпракт. конференції (MicroCAD2019), 15–17 мая 2019 р.: Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 342.
  27. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Ольховська В.О., Зіпунніков М.М. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 66–74. doi: 10.20998/22204784.2019.15.12
  28. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi: 10.20998/22204784.2019.21.13
  29. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Зіпунніков М.М., Ольховська В.О., Сирку М.А. Аналіз можливостей регенерації етилового спирту у виробництві пектину. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 19–30. doi: 10.20998/22204784.2019.21.04
  30. Бухкало С.І. Перспективи розвитку технологій крохмалю з картоплі та кукурудзи. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 75–83. doi: 10.20998/22204784.2019.21.12
  31. Бухкало С.І. Технологічні об'єкти утилізації-модифікації полімерної тари та пакування. Збірник наукових праць XVII міжнародної наукової конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових і хімічних виробництв» 38 вересня 2018, м. Одеса. С. 140–142.

#### References (transliterated)

1. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 201 p.
2. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov'ska O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 208 p.
3. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, Vol.70, pp. 2047–2052.
4. Tovazhnyanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah. Pidruchnik. K.: CNL, 2011. 832 p.
5. Tovazhnyanskij L.L., Bukhhalo S.I., Zipunnikov M.M. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi): Pidruchnik. – K.: CNL, 2013. – 352 p.
6. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
7. 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), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». 217 p.
8. Sirku M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezhah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 342.
  9. Sitnik V.V., Jacenko B.S., Bukhhalo S.I., Cirku M.A., Kas'jan A.S., Osa O.V. Vznachennja eksperimental'nih vlastivostej sirovini u mezhah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019: Ch. II / za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI», p. 343.
  10. Mal'ceva A.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., ta in. Zagal'ni umovi procesiv kristalizacii cukru. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kharkiv: NTU «KhPI», p. 233.
  11. Ol'hovs'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonominostej roboti obladaannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
  12. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 412 p.
  13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
  14. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17-19 maja 2017. Kh.: Ch. III, – p. 14.
  15. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak kompleksne innovacionnyh proektiv / S.I. Bukhhalo, A. V. Serikov, O.I. Ol'hovskaja i dr.// Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 160–166.
  16. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 72–80.
  17. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721 /fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
  18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
  19. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
  20. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2018, 108 p.
  21. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmajlu). 2-ge vid. dop.: ch. 2 [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2019, 108 p.
  22. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnyans'kij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.E., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hovs'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2016, 468 p.
  23. Kravchenko V.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Prikladi viznachennja skladovih informacijnih ta obchisljuval'nih tehnologij dlja riznovidiv galuzej promislivosti. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2022. – № 1(1363). – pp. 70–78. doi: 10.20998/2220-4784.2022.1.11
  24. 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: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD–2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 208 p.
  25. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». H.: NTU «KhPI». 2014. № 16. – pp. 3–11.
  26. Sirku M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezhah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD–2019), 15–17 maja 2019.: Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 342.
  27. Bukhhalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Ol'hovs'ka V.O., Zipunnikov M.M. Doslidzhennja ta analiz innovacijnih zahodiv z tehnologii kompleksnoi utilizacii pisljaspirtovoï bardii. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – No. 15(1340). – pp. 66–74. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.12
  28. Bukhhalo S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologij modifikovanih krohmaliiv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13
  29. Bukhhalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Zipunnikov M.M., Ol'hovs'ka V.O., Sirku M.A. Analiz mozhlivostej regeneracii etilovogo spiritu u virobniectvi pektinu. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 19–30. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.04
  30. Bukhhalo S.I. Perspektivi rozvitku tehnologij krohmajlu z kartopli ta kukurudzi. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – No. 21(1346). – pp. 75–83. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.12
  31. Bukhhalo S.I. Tehnologichni ob'ekti utilizacii–modifikacii polimernoï tari ta pakuvannja. Zbirnik naukovih prac' XVII



mizhnarodnoї naukovoї konferenciji «Udoskonalennja procesiv i obladnannja harchovih i himichnih virobnictv» 3–8 veresnja 2018, m. Odesa. pp. 140–142.

Надійшла (received) 19.05.2021

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

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

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

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

**Іглин Сергій Петрович (Иглин Сергей Петрович, 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)

**Кравченко Вікторія Олегівна (Kravchenko Victoria Olegovna, Кравченко Виктория Олеговна)** – студентка 4 курсу ХНУРЕ, м. Харків, Україна; e-mail: [bis.khr@gmail.com](mailto:bis.khr@gmail.com)

**Копейченко Євген Андрійович (Koreyuchenko Yevhen Andriyovich, Копейченко Евгений Андреевич)** – студент 3 курсу НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна; e-mail: [bis.khr@gmail.com](mailto:bis.khr@gmail.com)

**Назаренко Марина Володимірівна (Nazarenko Maryna Volodymyrivna, Назаренко Марина Владимировна)** – студентка 3 курсу НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна e-mail: [bis.khr@gmail.com](mailto:bis.khr@gmail.com)

**С. И. БУХКАЛО, С. П. ИГЛИН, КРАВЧЕНКО В. О., Е. А. КОПЕЙЧЕНКО, М. В. НАЗАРЕНКО**

**ПРИМЕРЫ И ЗАДАЧИ ИЗ КОМПЛЕКСНОГО ИЗЛОЖЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПИЩЕВАЯ ХИМИЯ**

В материалах статьи рассмотрены возможности для определения целей обучения студентов ВУЗов по дисциплине Пищевая химия с целью дальнейшей разработки составных комплексных проектов. При написании статьи использован многолетний опыт преподавания дисциплины «Общая технология пищевой промышленности» в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» на кафедре интегрированных технологий, процессов и аппаратов. Разработки проведены для применения современных высокоэффективных научно-обоснованных технологий использования сырья, например, от разновидностей химического анализа сырья и продуктов до выбора технологических стадий. Представлены примеры и некоторые особенности возможных решений обучения, основанные на экспериментальных данных разработки механизмов идентификации-классификации технологических процессов и аппаратов в виде объектов интеллектуальной собственности. В статье показаны примеры направлений усовершенствования технологии и оборудования для переработки томатов разными способами, проанализированы методы интенсификации технологических процессов производства с учетом полученных знаний по дисциплине Пищевая химия, а также инноваций разновидностей компаний со сложной обработкой разновидностей сырья. Проблема утилизации разновидностей отходов рассматривается посредством сложных комплексных процессов, их исследований и анализа энерго- и ресурсосберегающих составляющих.

**Ключевые слова:** пищевая химия, современные технологии питания, товароведение и управление закупками, разработка продукции ресторанного хозяйства, комплексные инновационные проекты, способы обучения студентов.

**S. I. BUKHALO, S. P. IGLIN, V. O. KRAVCHENKO, Y. A. KOPEICHENKO, M. V. NAZARENKO**

**EXAMPLES AND PROBLEMS FROM THE COMPLEX TEACHING OF THE DISCIPLINE OF FOOD CHEMISTRY**

The materials of the article consider the possibilities for determining the goals of education of university students in the discipline of Food Chemistry with the aim of further developing the components of complex projects. When writing the article, many years of experience in teaching the discipline «General technology of the food industry» at the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» at the Department of Integrated Technologies, Processes and Devices were used. Developments are carried out to the application of modern, highly effective scientifically based technologies for the use of raw materials, for example, from types of chemical analysis of raw materials and products to the selection of technological stages. Examples and some features of possible training solutions are presented, which are based on experimental data for the development of mechanisms for the identification and classification of technological processes and devices in the form of intellectual property objects. The article shows examples of directions for improving technology and equipment for tomato processing in various ways, analyzed methods of intensification of technological production processes taking into account the knowledge gained from the discipline of Food Chemistry, as well as innovations of various types of companies with complex processing of various types of raw materials. The problem of disposal of various types of waste is considered in the form of complex complex processes, their research and analysis of energy- and resource-saving components.

**Key words:** food chemistry, modern nutrition technologies, commodity science and procurement management, restaurant industry production technology, complex innovative projects, student training methods.

## СВІТЛИЙ ПАМ'ЯТІ ІРЖІ ЯРОМІРА КЛЕМЕША

Все його життя видатного науковця – нескінченна відданість обраній справі і служіння людям. Колектив кафедри ІТПА НТУ «ХП» глибоко сумує з приводу цієї непоправної втрати. Професор, д.т.н., **ІРЖІ ЯРОМІР КЛЕМЕШ** співпрацював з нашим університетом з 1993 року. За його участі та підтримки було відкрито Центр Інтегрованих Процесів та Енергозбереження на кафедрі ІТПА. Відкрито спеціальність Комп'ютерно Інтегровані Технології. За тісної співпраці виконано понад десять міжнародних проектів за фінансування Британської Ради, Європейської Комісії та інші.



**Prof Dr habil Ing Jiří Jaromír KLEMEŠ, DSc, Dr h c (mult)**

**WoS & Publons Highly Cited Researcher**

Co-Editor in Chief JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION,  
**IF = 11.072; 5y IF = 11.016; CiteScore = 15.8; SNIP = 2.444**

Editor in Chief CLEANER ENGINEERING and TECHNOLOGY (CLET) - Elsevier - Golden Access, CiteScore = 0.9

Editor in Chief CLEANER CHEMICAL ENGINEERING (CLCE) - Elsevier - Golden Access. Subject Editor ENERGY, IF = 8.857

**Head of Sustainable Process Integration Laboratory (SPIL)**

NETME CENTRE, Faculty of Mechanical Engineering, BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Народився 6 Липня 1945 року, помер 16 Січня 2023 року.

Професор, д.т.н., **ІРЖІ ЯРОМІР КЛЕМЕШ**, Почесний Доктор НТУ ХП та інших університетів Світу; Понад 20 000 цитувань у базі СКОПУС, індекс Хірша 72,

Голова лабораторії Сталої Інтеграції Процесів Тенологічного Університету Брно, Чеська Республіка.

Головний редактор журналів JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, **IF = 11.072**; CLEANER CHEMICAL ENGINEERING (CLCE) - Elsevier - Golden Access; ENERGY, **IF = 8.857**.

Член редколегії Українських журналів Інтегровані Технології Енергозбереження та Вісник НТУ «ХП» Серія Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів.

Засновник наукових конференцій PRES (Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction) з 1999 року.

Постійний Член робочої групи CAPE Європейської Федерації Хімічної Інженерії, та один з засновників Європейської Конференції ESCAPE (European Symposium on Computer Aided Process Engineering). Один з засновників конференції Інтегровані Технології Енергозбереження НТУ ХП. До розгляду на XVIII міжнародну науково-практичну конференцію Інтегровані технології та енергозбереження «ІТЕ-2018» в Україні у м. Харків, НТУ «ХП», були запропоновані пленарні доповіді з ключових питань інноваційного розвитку хімічної та харчової технології. У матеріалі пленарного доповіді проф. Клемеш Й.Я. представив основні висновки за результатами досліджень і різновидах областей, включаючи: більш ефективне використання енергії; застосування більш чистого і біологічного палив; впровадження екологічно чистих виробництв; уловлювання двоокису вуглецю; оптимізація і раціональне використання води і відходів; мінімізація шкідливих викидів в промислових технологічних процесах; самозабезпечення регіонів і інтеграція промислових підприємств для оптимального використання енергії відпрацьованого тепла і відходів виробництва.

## ЗМІСТ

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

<b>Г. В. ЛІСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, В. В. ВОЛОШУК.</b> ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОТРИМАННЯ ЦЕЛЬЗІАНОВОЇ ТА СЛАСОНІТОВОЇ КЕРАМІКИ ЗА ОДНОСТАДІЙНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ .....	3
<b>OLEXANDER YEFIMOV, LARYSA TIUTIUNYK, TETYANA HARKUSHA, TETYANA YESYPENKO, ANASTASIIA MOTOVILNIK</b> DESIGN CHARACTERISTICS OF THE HORIZONTAL STEAM GENERATOR PGV-1000 .....	8
<b>С. І. БУХКАЛО.</b> КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ ЯК СПІВПРАЦЯ АСОЦІАЦІЙ EFCE ТА CFE-UA .....	13

## МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

<b>О. О. БРОВАРНИК, В. В. ОБСЯНИКОВ.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕРЕДОВИЩА КЕРУВАННЯ ДАНИМИ ТА ОЦІНКА ЧАСУ ПЕРЕДАЧІ ВЕЛИКИХ НАБОРІВ ДАНИХ .....	23
<b>І. О. БАГМУТ, В. С. ФІГУРСЬКА.</b> РОЗРОБКА ТА ПОРІВНЯННЯ МОДЕЛЕЙ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З МЕТОЮ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ .....	29
<b>S. BUKHALO, A. AGEICHEVA, N. PSYCHKINA, I. ROZHENKO, O. BELYANSKIY.</b> FIELD TRANSLATORS PROFESSIONAL COMPETENCE FORMATION PECULIARITIES .....	38

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ  
ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

<b>E. A. CHERNUSHENKO, A. V. NOVIK, YU. M. HRYSHCHENKO-MOROZ.</b> WAYS OF ENSURING FOOD SAFETY IN UKRAINE UNDER THE CURRENT EPIDEMIC SITUATIONS .....	46
<b>С. І. БУХКАЛО, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ ШОКОЛАДНОЇ МАСИ НА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ ТА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ДЛЯ РІЗНОВИДІВ ГАЛУЗЕЙ .....	54
<b>С. І. БУХКАЛО.</b> КОМПЛЕКСНІ ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧУВАННЯ – МОДЕЛІ ПРОГРАМУВАННЯ .....	65

## ІННОВАЦІЙНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

<b>I. H. ZEZEKALO, S. I. BUKHALO, I. O. IVANYTSKA, O. O. AHEICHEVA.</b> BOTTOMHOLE FORMATION ZONE RESTORATION MECHANISMS AND METHODS .....	78
<b>М. М. ЗІПУННИКОВ.</b> РОЗРОБКА НЕПРЯМОГО ВІДБОРУ ПРОБ ВОДНЮ З БЕЗМЕМБРАННОЇ ЕЛЕКТРОЛІЗНОЇ КОМІРКИ .....	83
<b>С. І. БУХКАЛО, С. П. ІГЛІН, В. О. КРАВЧЕНКО, Е. А. КОПЕЙЧЕНКО, М. В. НАЗАРЕНКО</b> ПРИКЛАДИ ТА ЗАДАЧІ З КОМПЛЕКСНОГО ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ ХАРЧОВА ХІМІЯ .....	89

## СВІТЛІЙ ПАМ'ЯТІ ІРЖІ ЯРОМІРА КЛЕМЕША .....

ЗМІСТ .....	99
-------------	----

## CONTENT

### INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC DEVELOPMENTS

<i>G. V. LISACHUK, R. V. KRYVOBOK, V. V. VOLOSHCHUK.</i> STUDY OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF OBTAINING CELSIANE AND SLAWSONITE CERAMICS USING SINGLE-STAGE TECHNOLOGY .....	3
<i>OLEXANDER YEFIMOV, LARYSA TIUTIUNYK, TETYANA HARKUSHA, TETYANA YESYPENKO, ANASTASIIA MOTOVILNIK</i> DESIGN CHARACTERISTICS OF THE HORIZONTAL STEAM GENERATOR PGV-1000 .....	8
<i>S. I. BUKHKALO.</i> COMPLEX SYSTEMS OF TEACHING THE DISCIPLINE FUNDAMENTALS OF CHEMICAL INDUSTRY EQUIPMENT DESIGN AS A COLLABORATION OF EFCE AND CFE-UA ASSOCIATIONS .....	13

### MODELING AS A TOOL OF INNOVATION

<i>O. O. BROVARNYK, V. V. OVSIANIKOV.</i> DATA MANAGEMENT ENVIRONMENT PROPERTIES INVESTIGATION AND TIME ESTIMATION OF LARGE DATA SET TRANSFER ...	23
<i>I. O. BAGMUT, V. S. FIGURSKA.</i> DEVELOPMENT AND COMPARISON OF DEEP LEARNING MODELS FOR SEGMENTATION OF SATELLITE IMAGES FOR LOCALIZATION OF SOIL EROSION .....	29
<i>S. BUKHKALO, A. AGEICHEVA, N. PSYCHKINA, I. ROZHENKO, O. BELYANSKIY.</i> FIELD TRANSLATORS PROFESSIONAL COMPETENCE FORMATION PECULIARITIES .....	38

### ENERGY AND RESOURCE SAVING AS PROBLEMS AND TECHNOLOGIES OF INNOVATIONS

<i>E. A. CHERNUSHENKO, A. V. NOVIK, YU. M. HRYSHCHENKO-MOROZ.</i> WAYS OF ENSURING FOOD SAFETY IN UKRAINE UNDER THE CURRENT EPIDEMIC SITUATIONS .....	46
<i>S. I. BUKHKALO, MARIIA ZEMELKO.</i> RESEARCH THE COMPLEX INFLUENCE OF THE COMPONENTS THE CHOCOLATE MASS ON ITS PROPERTIES AND COMPETITIVENESS FOR VARIOUS INDUSTRIES .....	54
<i>S. I. BUKHKALO.</i> COMPLEX INNOVATIVE SYSTEMS OF TEACHING MODERN FOOD TECHNOLOGIES – PROGRAMMING MODELS .....	65

### INNOVATIVE SCIENTIFIC RESEARCH DIFFERENT PURPOSES

<i>I. H. ZEZEKALO, S. I. BUKHKALO, I. O. IVANYTSKA, O. O. AHEICHEVA.</i> BOTTOMHOLE FORMATION ZONE RESTORATION MECHANISMS AND METHODS .....	78
<i>M. M. ZIPUNNIKOV.</i> DEVELOPMENT OF INDIRECT HYDROGEN SAMPLING FROM A MEMBRANELESS ELECTROLYSIS CELL .....	83
<i>S. I. BUKHKALO, S. P. IGLIN, V. O. KRAVCHENKO, Y. A. KOPEICHENKO, M. V. NAZARENKO.</i> EXAMPLES AND PROBLEMS FROM THE COMPLEX TEACHING OF THE DISCIPLINE OF FOOD CHEMISTRY .....	89

TO THE BRIGHT MEMORY OF JIRGY JAROMIR KLEMESH .....

CONTENT .....	99
---------------	----