

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

MINISTRY OF EDUCATION  
AND SCIENCE OF UKRAINE

National Technical University  
"Kharkiv Polytechnic Institute"

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

№ 1'2022

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

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

No. 1'2022

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. — № 1 (1363) 2022. — 92 с. — ISSN 2220-4784 (print), ISSN 2663-8738 (online).

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

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

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

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

Мова статей – українська, російська, англійська.

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України КВ № 5256 від 2 липня 2001 року.

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

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

#### **Редакційна колегія серії**

*Головний редактор:*

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

*Відповідальний секретар:*

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

*Члени редколегії:*

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

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

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

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

України, с.н.с. відділу водневої енергетики

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

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

інтеграції сталого процесу, Вища технічна

техніка у Брно, Чеська Республіка

**П. Варбанов**, 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 системотехники и

устойчивого развития, Марибор, Словенія

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

лабораторія Heriberto Cabezas, Будапешт, Венгрія

**Л. Пуиджанер**, професор, доктор філософії,

Политехнический университет Каталонії, кафедра

химического машиностроения, Барселона, Іспанія

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

технологии, Университет Любляны, Любляна, Словенія

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

Ноттингемський університет, кампус Малайзії, кафедра

химической и экологической инженерии, Малайзія

**Консультативна рада**

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

НТУ «ХПІ», Україна

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

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

України «Енергетика та ресурсозбереження»

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

нетрадиційних енерготехнологій, Інститут

проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного

НАН України

#### **Editorial staff**

*Editor-in-chief:*

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

*Executive secretary:*

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

*Editorial staff members:*

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

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

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

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

Engineering Problems of NASU

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

**Jiří Jaromír Klemes**, 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 № 5 від 1 липня 2022 р.

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

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ СПІКАННЯ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$

У статті розглянуто вплив добавок на інтенсифікацію процесу спікання керамічних матеріалів на основі системи  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . Враховуючи різні механізми взаємодії добавок з основною матрицею для досліджень було обрано модифікатори –  $\text{MgO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$ ,  $\text{TiO}_2$  та мінералізатори –  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{SnO}_2 : \text{Li}_2\text{O}$ . На підставі проведеного комплексу досліджень встановлено, що найбільш перспективним інтенсифікатором для процесу спікання цельзіану є евтектична добавка  $\text{SnO}_2 : \text{Li}_2\text{O}$  у кількості 1 мас.% з наступними характеристиками: водопоглинання – 5,1 %, пористість – 13,4 %, уявна щільність – 2,62 г/см<sup>3</sup>. Результати рентгенофазового аналізу свідчать про повне протікання реакції синтезу цельзіану за температури синтезу 1200 °С, що є підтвердженням зниження температури синтезу фази на 100 °С. Отримана цельзіанова кераміка відповідає вимогам, що висуваються до радіопрозорих матеріалів, та може використовуватись для виготовлення окремих деталей в авіакосмічній промисловості.

**Ключові слова:** цельзіан, інтенсифікуючі добавки, водопоглинання, уявна щільність, відкрита пористість, рентгенофазовий аналіз, мікроструктура.

### Вступ.

З точки зору експлуатаційних характеристик універсальним матеріалом для промисловості є технічна кераміка, яка має найбільш різноманітні за своїм складом, властивості та напрямки використання. В залежності від галузі використання розрізняють електротехнічну, радіотехнічну та конструкційну кераміку, а також деякі види спеціального призначення (п'єзо- та феромагнітна, оптично прозора, біокераміка тощо) [1]. В авіакосмічній промисловості найбільш поширеним є використання радіопрозорих керамічних матеріалів.

Найбільш перспективним напрямком створення радіопрозорої кераміки є використання трьох видів високотермостійких неорганічних матеріалів: кераміка на основі оксиду алюмінію (високоглиноземиста), ситали та кварцова кераміка. 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 [2].

Кварцова кераміка характеризується високою термостійкістю, стабільністю діелектричних характеристик в широкому температурному інтервалі і хорошими термостійкими властивостями, проте має низьку механічну міцність на згин (45–50 МПа), низьку стійкість до пилової та дощової ерозії. Крім того, верхня границя інтервалу робочих температур не перевищує 1000 °С [3].

Основним недоліком усіх радіопрозорих ситалів, є технологічна складність і високі енерговитрати виробництва [4]. Технологія включає кілька високотемпературних операцій, зокрема скловаріння за температур 1600 – 1650 °С, розлив розплаву до форм (700 °С) та багатоступінчасту термообробку для забезпечення кристалізації цільових фаз (750 °С і 1250 °С), що стримує її широке використання.

Високоглиноземна кераміка має велику перевагу перед іншими матеріалами в плані

вогнетривкості та стабільності властивостей у широкому частотному та температурному діапазонах, що є важливим фактором для обтічників високошвидкісних ракет [5]. Температура зміни агрегатного стану для неї – 2050 °С, у той час як для ситалів вона становить 1200 – 1350 °С, для керамічних матеріалів на основі кварцового скла – не вище 1300 °С.

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 результатів наукових розробок, виготовлення матеріалів на основі алюмосилікатних систем є енерговитратним процесом (температура випалу переважно перевищує 1300 °С [4, 6]).

На основі системи  $\text{RO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  отримують радіопрозорі керамічні матеріали кордієритового, цельзіанового та анортитового складу, які відповідно до вимог [7] володіють низькими діелектричними характеристиками (діелектрична проникність  $< 6$ , тангенс кута діелектричних втрат  $< 10^{-3}$ ). Таким вимогам відповідає одна з основних фаз системи  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  – цельзіан ( $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), температура плавлення якого складає 1740 °С, а початок активного утворення фази відбувається за температури обробки від 1300 °С.

Технологія одержання цельзіанової кераміки потребує високих температур спікання – 1400 °С з додатковою попередньою обробкою при 1300 °С [8]. Важливість напряму та самого дослідження полягає в забезпеченні низькотемпературного синтезу кристалічної фази цельзіану та отримання щільноспечених радіопрозорих керамічних матеріалів.

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

### Аналіз літературних даних.

Під час вибору інтенсифікаторів процесів спікання та синтезу зазвичай враховують декілька факторів. По-перше, обрані добавки мають призводити до зниження температури синтезу основної фази. По-друге, за умови утворення склофази її кількість та властивості не повинні погіршувати основні властивості кінцевого матеріалу – діелектричну проникність та тангенс кута діелектричних втрат. Також при дотриманні перших двох пунктів синтез фази має відбутися повністю без утворення додаткових фаз.

При синтезі певних кристалічних фаз підхід до механізмів дії мікродобавок в першу чергу залежить від механізму, за яким відбуваються реакції утворення даних фаз, а саме твердофазний або рідкофазний синтез. Тому й добавки в різних випадках можуть вести себе по різному, особливо в багатокомпонентних системах. Добавки, що не мають евтектик зі складовими синтезу і впливають на кристалізацію (розміри, сингонію, температуру початку реакції тощо) називають модифікаторами. Добавки, що впливають на синтез шляхом утворення розплаву та склофази, відповідають за його активність та геологічні властивості є мінералізаторами.

Для прискорення реакції синтезу фази цельзіану та зниження температури дослідники [8] в невеликих кількостях вводили добавки  $\text{CaCO}_3$  та ашарит  $2\text{MgO} \times \text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , які сприяли кристалізації моноклінної модифікації цельзіану. Однак синтез фази супроводжувався великою вогневою усадкою внаслідок дисоціації  $\text{BaCO}_3$ . Американськими вченими в роботі [9], в якості інтенсифікаторів, які сприяють синтезу цельзіанової фази розглядалося використання  $\text{ZrSiO}_4$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  та  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Обрані добавки також сприяли синтезу цельзіану моноклінної сингонії.

Науковцями [10] досліджено вплив комплексних інтенсифікаторів на спікання славсонітової кераміки. В роботі показано позитивний вплив добавки  $\text{SnO}_2\text{-Li}_2\text{O}$  на низькотемпературну активацію процесу синтезу стронцієвого аурититу і отримання щільноспеченого керамічного матеріалу, що через близьку схожість атомів барію та стронцію дає можливість її застосування під час синтезу цельзіанової фази.

З урахуванням всіх розглянутих факторів у даній роботі було обрано ряд добавок, що діють за різними механізмами, а саме:  $\text{MgO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$  та  $\text{TiO}_2$ , які можна віднести до групи модифікаторів, так як вони мають температуру плавлення вищу за температуру плавлення цельзіану, а  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MoO}_3$  та  $\text{SnO}_2 : \text{Li}_2\text{O}$  з температурою плавлення до  $900^\circ\text{C}$  відносяться в даному випадку до групи мінералізаторів.

Метою даного дослідження є знаходження оптимальної добавки та її кількості для отримання щільноспечених керамічних матеріалів на основі цельзіану за низької температури випалу.

### Експериментальна частина

Для проведення досліджень був обраний стехіометричний склад цельзіану (мас. %:  $\text{BaO}$  – 40,85;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 27,17;  $\text{SiO}_2$  – 31,98), який за рівнем електрофізичних властивостей задовольняє вимоги до радіопрозорих матеріалів.

Для синтезу обраної фази використовували наступні сировинні матеріали: карбонат барію, кварцовий пісок та глинозем марки Г-00.

Зразки для досліджень виготовляли за двохстадійною керамічною технологією. Першою стадією є синтез цельзіану. В лабораторних умовах для отримання шихти сировинні матеріали перемішували шляхом трикратного пропускання крізь сито № 015 з додаванням обраних добавок у концентрації 0,5, 1,0 та 2,0 мас. % понад 100 мас. % на суху речовину.

Формування дослідних зразків проводили шляхом пресування напівсухим способом на лабораторному гідравлічному пресі ПРГ-10 під тиском 20 МПа.

В якості тимчасової зв'язки використовували розчин КМЦ, загальна вологість маси для пресування складала 8 %.

Після сушки сформованих брикетів до залишкової вологості менше 1 % проводили синтез цельзіанової фази в лабораторній муфельній печі за температури  $1200^\circ\text{C}$  з витримкою 2 години та подальшим охолодженням разом із піччю.

На другій стадії помел синтезованого матеріалу проводили до повного проходження крізь сито № 0063. Потім з отриманого порошку готували шлікер з вологістю 30 % з додаванням 0,1 мас. % розріджувачої добавки Dolapix PC 67.

Для отримання сирцю шлікер заливали в просушені гіпсові форми. Випал зразків проводили в силітовій печі за температури  $1350^\circ\text{C}$  з 2-годинною витримкою.

Фазовий склад дослідних зразків визначали за допомогою методу рентгенофазового аналізу (РФА) із застосуванням дифрактометра ДРОН-3М з  $\text{CuK}\alpha$ -випромінюванням та нікелевим фільтром при стандартних умовах його роботи.

Вивчення мікроструктури дослідних зразків та морфології поверхні їх розломів здійснювали прямим методом растрової електронної мікроскопії з використанням скануючого електронного мікроскопа PhenomPro та прискорюючою напругою 15 кВ.

Основною ознакою, за якою можна оцінити вплив активуючих добавок на ступінь спікання керамічних матеріалів, є показник водопоглинання.

Іншою важливою властивістю є уявна щільність, яка дозволяє оцінити закриті пористість кінцевого виробу. Зазначені характеристики досліджували методом «швидкого вакуумування» відповідно до ISO 5017:2014.

### Результати та обговорення

В лабораторних умовах визначалися фізичні властивості зразків для вивчення впливу обраних інтенсифікаторів та їх кількості на структуру цельзіанової кераміки.

Результати проведених досліджень наведено на рис. 1-3.

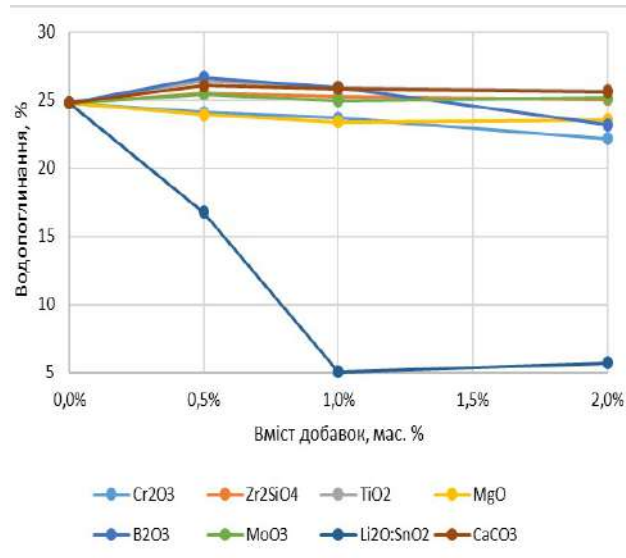


Рис. 1 – Залежність водопоглинання зразків цельзіану від концентрації інтенсифікаторів

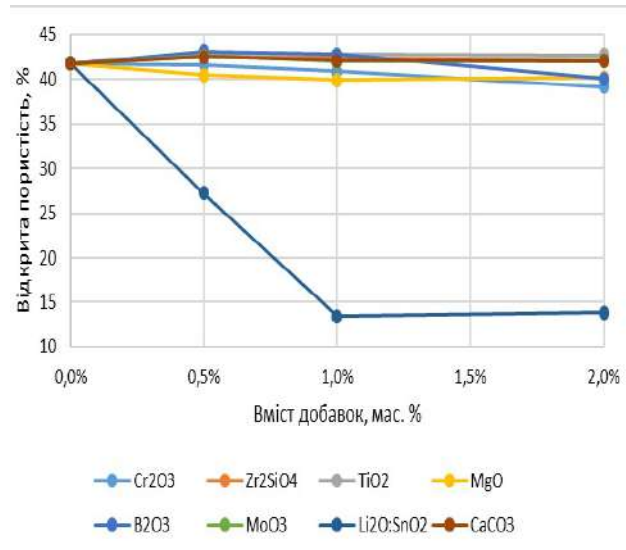


Рис. 2 – Залежність відкритої пористості зразків цельзіану від концентрації інтенсифікаторів

З наведених даних (рис. 1–3) бачимо, що фізичні властивості випалених зразків свідчать про різнобічний вплив досліджених добавок на цельзіанову кераміку.

Отримані результати свідчать про те, що найбільш перспективним інтенсифікатором для процесу спікання кераміки на основі цельзіану є евтектична добавка  $\text{SnO}_2 : \text{Li}_2\text{O}$  у кількості 1 мас. %.

Дослідні зразки з додаванням цього активатора характеризувалися наступними показниками:

водопоглинання – 5,1 %,  
пористість – 13,4 %,  
уявна щільність – 2,62 г/см<sup>3</sup>.

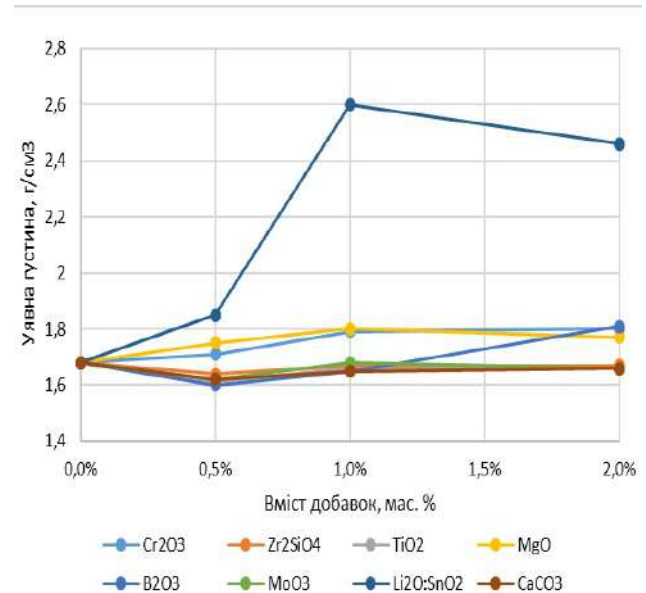


Рис. 3 – Залежність уявної щільності зразків цельзіану від концентрації інтенсифікаторів

В свою чергу додавання  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MoO}_3$  та  $\text{TiO}_2$  призвело до збільшення пористості структури з 41,8 % без додавання добавки до 42,6 – 43,2 % в залежності від виду добавки, що негативно впливає на механічні властивості кінцевих виробів. Що стосується інших добавок, за температури синтезу 1200 °C та температури випалу 1350 °C з витримкою протягом 2 годин вони не мають істотного впливу на процес спікання цельзіанової кераміки.

Методом рентгеноструктурного аналізу на етапі синтезу було досліджено зразки з евтектичною добавкою  $\text{SnO}_2 : \text{Li}_2\text{O}$  в кількості 1 мас. % на повноту реакцій формування фази цельзіану.

Результати рентгенофазового аналізу приведені на рис. 4.

Отримані дані свідчать про повне протікання реакції синтезу цельзіану, на рентгенограмі кристалічна фаза представлена в двох модифікаціях:  $\alpha$ -цельзіан та парацельзіан. Також спостерігаємо відсутність карбонатів, що можуть надати додаткову вогневу усадку під час випалу та спровокувати появу дефектів у виробі.

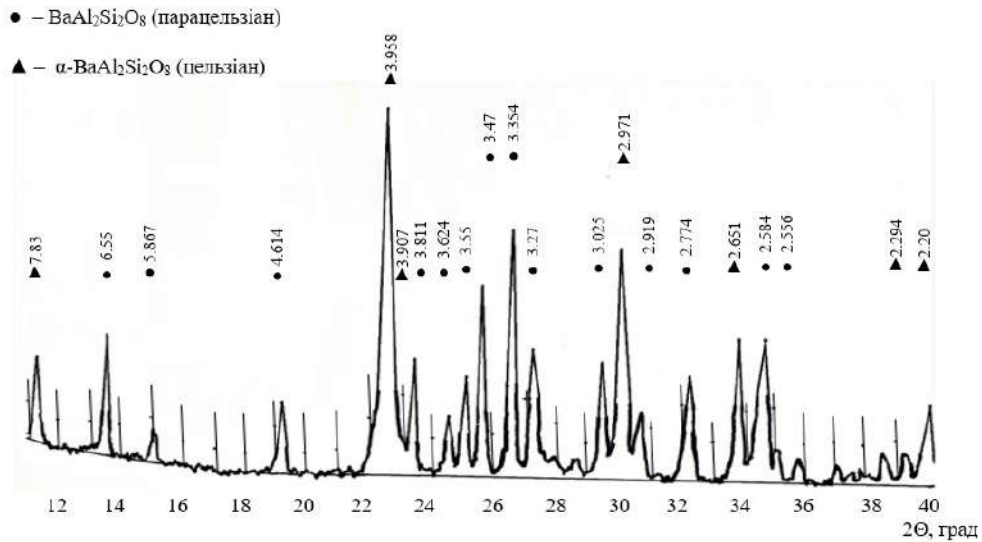


Рис. 4 – Рентгенограма цельзіану, синтезованого за температури 1200 °C з додаванням 1 мас. % SnO<sub>2</sub> : Li<sub>2</sub>O

Структурні особливості зразка з кращими фізичними властивостями досліджували методом растрової електронної мікроскопії на етапі синтезу та після випалу зразків за температури 1350 °C. Мікрофотознімки зламів наведені на рис. 5 та рис. 6.

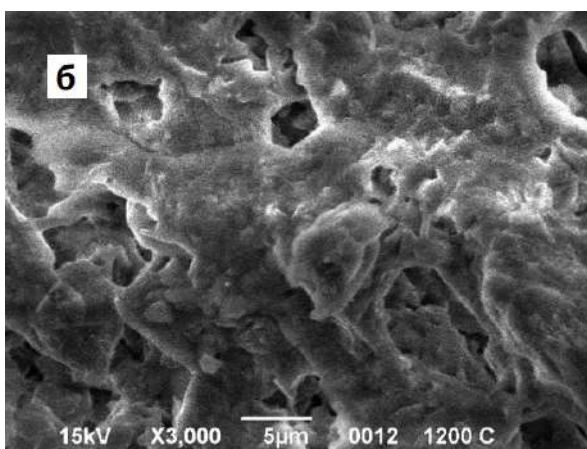
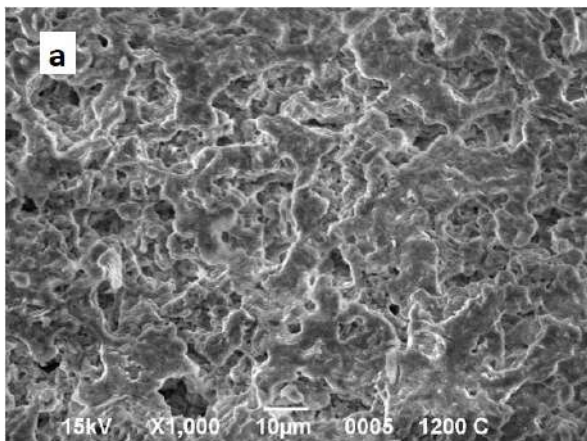


Рис. 5 – Мікроструктура зразків цельзіанової кераміки при витримці 2 години за температури 1200 °C зі збільшенням: а) x 1000; б) x3000

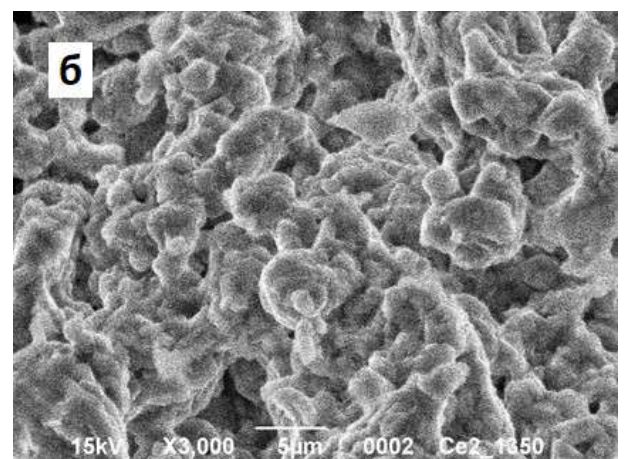
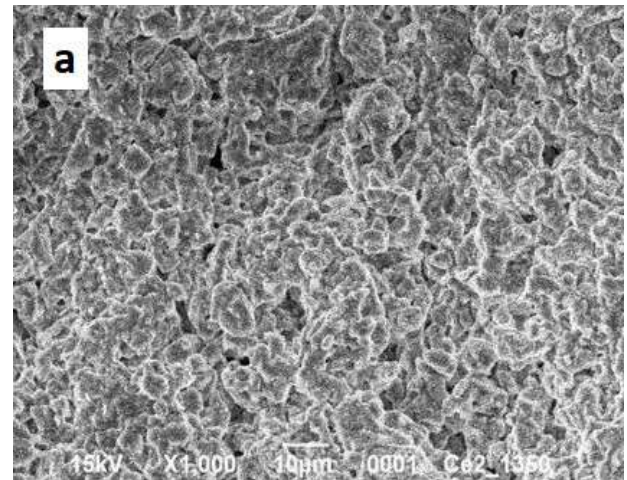


Рис. 6 – Мікроструктура зразків цельзіанової кераміки при витримці 2 години за температури 1350 °C зі збільшенням: а) x 1000; б) x3000

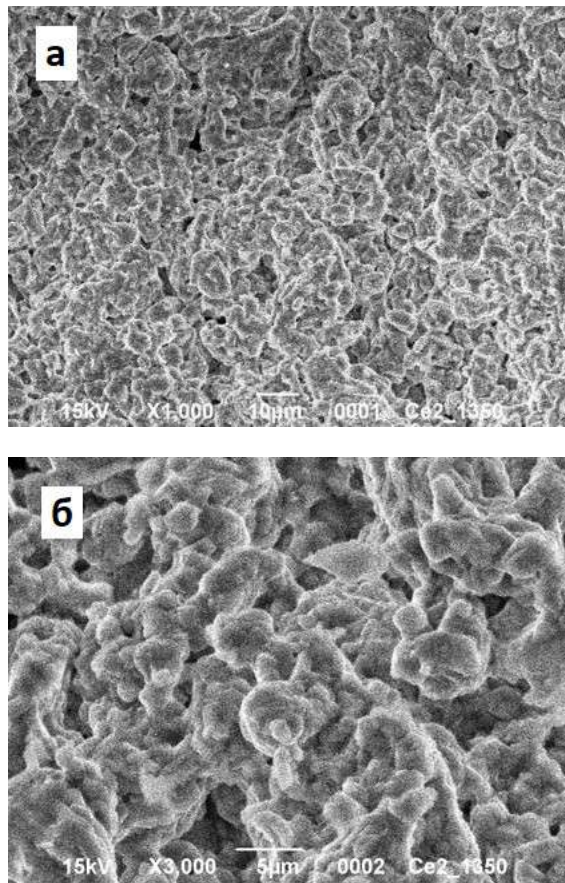


Рис. 6 – Мікроструктура зразків целезіанової кераміки при витримці 2 години за температури 1350 °C зі збільшенням: а) x 1000; б) x3000

На отриманих знімках (рис. 5, 6) бачимо, що структура як після синтезу так і після випалу є однорідною, без тріщин. Після випалу зразків за температури 1350 °C формується більш чітка структура, спостерігаємо ріст кристалів фази целезіану розміром 25–30 мкм із незначною кількістю закритих пор розміром 5–10 мкм, що підтверджує результати вимірювань фізичних властивостей. Загалом кристали целезіану в кераміці розподіляються рівномірно, а наявність пор можна пояснити коротким інтервалом ізотермічної витримки за максимальної температури та ймовірно швидким режимом випалу.

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

В результаті виконання роботи було досліджено вплив добавок на інтенсифікацію процесу спікання керамічних матеріалів на основі системи BaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub>. З урахуванням розглянутих факторів для досліджень було обрано ряд добавок, що діють за різними механізмами: MgO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrSiO<sub>4</sub> та TiO<sub>2</sub> (модифікатори) та CaCO<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub> та SnO<sub>2</sub> : Li<sub>2</sub>O (мінералізатори).

Встановлено, що фізичні властивості випалених зразків свідчать про різнобічний вплив досліджених добавок на целезіанову кераміку. Найбільш

перспективним інтенсифікатором для процесу спікання целезіану є евтектична добавка SnO<sub>2</sub> : Li<sub>2</sub>O у кількості 1 мас.% з наступними характеристиками: водопоглинання – 5,1 %, пористість – 13,4 %, уявна щільність – 2,62 г/см<sup>3</sup>.

Результати рентгенофазового аналізу свідчать про повне протікання реакції синтезу целезіану за температури синтезу 1200 °C, на рентгенограмі кристалічна фаза представлена в двох модифікаціях: α-целезіан та парацелезіан.

В свою чергу додавання CaCO<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub> та TiO<sub>2</sub> призвело до збільшення пористості структури з 41,4 % без додавання добавки до 42,6 – 43,2 % в залежності від виду добавки, що негативно впливає на механічні властивості кінцевих виробів. Що стосується інших добавок, істотного впливу на процес спікання целезіанової кераміки не виявлено.

Отримана целезіанова кераміка з додаванням 1 мас.% SnO<sub>2</sub> : Li<sub>2</sub>O відповідає вимогам, що висуваються до радіопрозорих матеріалів, та може використовуватись для виготовлення окремих деталей в авіакосмічній промисловості.

#### Список літератури

1. Гузман И.Я. Химическая технология керамики: Учебное пособие для вузов / Гузман И.Я. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003.
2. Михеев, С. В. Керамические и композиционные материалы в авиационной технике / С. В. Михеев, Г. Б. Строганов, А. Г. Ромашин. - М : Альтекс, 2002. - 275 с.
3. Holand W. Glass Ceramic Techology / W. Holand G. Beall // Amer. Cer. Soc. 2002. – 375 p.
4. Процессы спекания и кристаллизации при получении стронцийанортитовой стеклокерамики / П.Д. Саркисов, Л.А. Орлова, Н.В. Попович, Р. Брунч, А.С. Чайникова, К. Клинкамюллер, Н. Е. Щеголева // Стекло и керамика. 2012. – №8. – С. 14–16.
5. Scientific Grounds of Structural and Production Concepts to Provide Aircraft Life Time [Text]: Monography / V. O. Boguslayev, S. A. Bychkov, O. G. Grebenikov, M. I. Moskalenko, A. M. Gumennyi, E. T. Vasilevskiy, A. P. Eretin, O. D. Donets, V. F. Sementsov, V. O. Grebenikov, O. M. Stoliarchuk. – Kharkiv: Nat. Aerospace Univ. «KhAI», 2019. – 266 p.
6. Suzdal'tsev E.I., Kharitonov D.V. (2004) Intensified Sintering of Lithium Aluminosilicate Ceramics. Refractories and Industrial Ceramics. Vol. 45, № 2, pp. 88–90.
7. ГОСТ 20419-83. Материалы керамические электротехнические. Классификация и технические требования. – Введен 01.01.1985.
8. Балкевич В.Л. Техническая керамика: учебное пособие для ВТУЗов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
9. Пат. 5642868 США, Int. Cl.6 C 04 B 35/584. Ceramic material / Inna G. Talmy, Deborah A. Haught; заявитель и патентообладатель The United States of America as represented by the Secretary of the Navy. – заявл. 2.05.1990; опубл. 1.06.1997. – 8 с.
10. Lisachuk, R. Kryvobok, A. Zakharov et al. Influence of complex activators of sintering on creating radiotransparent ceramics in SrO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub>. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 1(6). pp. 10–15.

**Bibliography (transliterated)**

- Guzman I.Ja. Himicheskaja tehnologija keramiki: Uchebnoe posobie dlja vuzov / Guzman I.Ja. – M.: OOO RIF «Strojmaterialy», 2003.
- Mihev, S. V. Keramicheskie i kompozicionnye materialy v aviacionnoj tehnike / S. V. Mihev, G. B. Stroganov, A. G. Romashin. – M.: Al'teks, 2002. – 275 p.
- Holand W. Glass Ceramic Technology / W. Holand G. Beall // Amer. Cer. Soc. 2002. – 375 p.
- Processy spekanija i kristallizacii pri poluchenii stroncijanortitovoj steklokeramiki / P.D. Sarkisov, L.A. Orlova, N.V. Popovich, R. Brunch, A.S. Chajnikova, K. Klinkmjuller, N. E. Shhegoleva // Steklo i keramika. – 2012. – №8. – pp. 14–16.
- Scientific Grounds of Structural and Production Concepts to Provide Aircraft Life Time [Text]: Monography / V. O. Boguslayev, S. A. Bychkov, O. G. Grebenikov, M. I. Moskalenko, A. M. Gumennyi, E. T. Vasilevskiy, A. P. Eretin, O. D. Donets, V. F. Sementsov, V. O. Grebenikov, O. M. Stoliarchuk. – Kharkiv: Nat. Aerospace Univ. «KhAI», 2019. – 266 p.
- Suzdal'tsev E.I., Kharitonov D.V. (2004) Intensified Sintering of Lithium Aluminosilicate Ceramics. Refractories and Industrial Ceramics. Vol. 45, № 2, pp. 88–90
- GOST 20419-83. Materialy keramicheskie jelektrotehnicheskie. Klassifikacija i tehnicheckie trebovanija. – Vveden 01.01.1985
- Balkevich V.L. Tehnicheskaja keramika: uchebnoe posobie dlja VTUZov. 2-e izd., dop. – M.: Strojizdat, 1984. – 256 p.
- Pat. 5642868 SShA, Int. Cl.6 C 04 B 35/584. Ceramic material / Inna G. Talmy, Deborah A. Haught; zajavitel' i patentoobladatel' The United States of America as represented by the Secretary of the Navy. – zajavl. 2.05.1990; opubl. 1.06.1997. – 8 p.
- G. Lisachuk, R. Kryvobok, A. Zakharov et al. Influence of complex activators of sintering on creating radiotransparent ceramics in SrO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub>. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 1(6). pp. 10–15.

Надійшла (received) 19.07.2022

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

**Лисачук Георгій Вікторович (Лисачук Георгий Викторович, Lisachuk Georgiy Viktorovich)** – доктор технічних наук, професор, завідувач науково-дослідної частини НТУ «ХПІ»; м. Харків, Україна;

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

**Кривобок Руслан Вікторович (Кривобок Руслан Викторович, Kryvobok Ruslan Viktorovich)** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, заступник завідувача науково-дослідної частини НТУ «ХПІ», 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)** – аспірантка кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХПІ», 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**  
**INTENSIFICATION OF THE SINTERING PROCESS OF CERAMIC MATERIALS BASED**  
**ON THE BaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub> SYSTEM**

The article examines the effect of additives on the intensification of the sintering process of ceramic materials based on the BaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub> system. Taking into account different mechanisms of interaction of additives with the main matrix, modifiers – MgO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrSiO<sub>4</sub>, TiO<sub>2</sub> and mineralizers – CaCO<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub> : Li<sub>2</sub>O were selected for research. On the basis of the conducted complex of studies, it was established that the most promising intensifier for the celsian sintering process is the eutectic additive SnO<sub>2</sub> : Li<sub>2</sub>O in the amount of 1 wt.% with the following characteristics: water absorption – 5.1%, porosity – 13.4%, apparent density – 2.62 g/cm<sup>3</sup>. The results of the X-ray phase analysis show that the celsian synthesis reaction is complete at a synthesis temperature of 1200 °C, which is a confirmation of a decrease in the synthesis temperature of the phase by 100 °C. The obtained celsian ceramics meet the requirements for radio-transparent materials and can be used for the manufacture of individual parts in the aerospace industry.

**Key words:** celsian, intensifying additives, water absorption, apparent density, open porosity, X-ray phase analysis, microstructure

**Г. В. ЛИСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, В. В. ВОЛОЩУК**  
**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ**  
**СИСТЕМЫ BaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub>**

В статье рассмотрено влияние добавок на интенсификацию процесса спекания керамических материалов на основе системы BaO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – SiO<sub>2</sub>. Учитывая различные механизмы взаимодействия добавок с основной матрицей для исследований, были выбраны модификаторы – MgO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrSiO<sub>4</sub>, TiO<sub>2</sub> и минерализаторы – CaCO<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub> : Li<sub>2</sub>O. На основании проведенного комплекса исследований установлено, что наиболее перспективным интенсификатором для процесса спекания целсиана является эвтектическая добавка SnO<sub>2</sub> : Li<sub>2</sub>O в количестве 1 мас.% со следующими характеристиками: водопоглощение – 5,1 %, пористость – 13,4 %, мнимая плотность – 2,62 г/см<sup>3</sup>. Результаты рентгенофазового анализа свидетельствуют о полном протекании реакции синтеза целсиана при температуре синтеза 1200 °C, что является подтверждением снижения температуры синтеза фазы на 100 °C. Полученная целсиановая керамика соответствует требованиям, предъявляемым к радиопрозрачным материалам, и может использоваться для изготовления отдельных деталей в авиакосмической промышленности.

**Ключевые слова:** целсиан, интенсифицирующие добавки, водопоглощение, мнимая плотность, открытая пористость, рентгенофазовый анализ, микроструктура.



**VALERIYA ANANIEVA, OLEKSANDRA VARANKINA, TETIANA OVSIANNIKOVA, SVITLANA ZHIRNOVA**

**ENRICHMENT OF THE PRODUCTS OF FAT-AND-OIL AND BIOTECHNOLOGY INDUSTRIES BY ANTIOXIDANTS AND PRESERVATIVES OF POWDERS FROM BERRY RAW MATERIALS**

It was found in investigation of amount of polyphenolic substances in samples of mixes with different contents of grape skin and mountain ash powders that varying the ratios of the mass fractions of the components practically did not affect the content of quercetin, which was not less than 6.7 %. Oxidated form of quercetin can influence on increase in resistance to microbiological spoil of a finished product. Inverse proportion between increasing in mass fraction of mountain ash berries powder and the sum of polyphenolic substances in terms of cyanidin-3,5-diglucoside was defined. It was shown in the study of sorbic acid content in samples of mixes of powders that content of sorbic acid increased from 0.43 % to 0.54 % with an increase (from 1 % to 3 %) in the mass fraction of mountain ash berries powder in the mixture. It was shown in the research of pectic substances content in selected samples of mixes of powders that total content of pectic substances also increased from 1.89 % to 3.28 % with an increase in the mass fraction of mountain ash berries powder and crude fiber values practically did not change. The conducted microbiological researches of samples of mayonnaise with 40.0 % fat mass fraction and yogurt with a 2.5 % fat mass fraction showed that adding of mix of grapes skin powder (2.0 % by weight) and mountain ash berries powder (3.0 % by weight) into the products slowed down the growth of yeast and mold.

**Key words:** mayonnais, yogurt, flavonoids, sorbic acid.

**Introduction.**

Every person needs nutrients, which is foodstuff, for satisfaction of vital needs of an organism (protective, power, regulatory). But the modern producers are capable to satisfy only energy needs in full. However nutritional and biological values of products are much lower in relation to actual needs of the person. Therefore experts in the field of science about a balanced diet of the person have been developing the specialized food enriched with necessary biologically valuable nutrients for several decades [1, 2]. It is necessary to give preference to enrichment of products of mass consumption during creation of compoundings of food products of improving appointment. It is possible to carry to them the oil and fat and biotechnology industries products, namely mayonnaise and fermented milk products [3–6].

By results of long-term researches it is proved that use the powders from vegetable raw materials as the functional ingredients of food products is capable to increase the nutritional and biological values of a finished product and to influence positively the person health state [7–10]. Besides, vegetable raw material powders are well assimilated by an organism and are an important energy source at the expense of a large amount content of carbohydrates, in particular pectins and a cellulose. It is known that pectins have ability to connect heavy metals and radionuclides and to bring them out of an organism [11]. Availability of various organic acids (in particular sorbic) in powders from vegetable raw materials is simultaneous both a source of valuable nutrients, and particular processing characteristics of raw materials (depressing of the pathogenic microflora growth processes in a finished product) [8].

**Characteristics of the objects, their relevance and the goal of the study.**

Fruit and berry raw materials also have a wide range of polyphenolic substances and bioflavonoids content. Some types of flavonoids, in particular quercetin and its derivants, have antifungal properties

together with high rates of antioxidative activity. More precisely it concerns to their oxidation products. For example, 3,4-dihydroxybenzoic acid, oxidated quercetin, has high rates on antifungal activity [13]. It is possible to use these flavonoids properties for the resistance to microbiological decay of foodstuffs increase.

**The subject of the study** – powder mixes of Black Perlina grape skins and black pepper pea berries.

**The tasks of the study** – 1) to determine the amount of flavonoids in powder mixes, which are proposed for inclusion in the composition of mayonnaise and yogurt for health purposes;

2) to definite a mass fraction of sorbic acid in powder mixes;

3) to determine the amount of soluble and insoluble food fibers in powder mixes;

4) to carry out the microbiological studies of samples of mayonnaise and yogurt with powder mixes regarding definition of the inhibiting effect of powders substances on the pathogenic microflora growth.

**Methods of the study** – when solving the set tasks, the following methods are used: methods of determination of polyphenolic substances content, methods of determination of sorbic acid content, methods of determination of fiber content and total pectin substances content, methods of determination of microbiological indicators of mayonnaise and yoghurt samples.

**Literature review.**

Deficiency of irreplaceable and scarce nutrients in a diet of the modern person is caused by tendency to the high energy food and refined food consumptions and minimum quantities of vegetables and fruit in a diet. The last several decades a situation only worsen in connection with the aggressive life rhythm and a lack of time for good nutrition.

© Ananieva V.V., Varankina O.O., Ovsianikova T. O., Zhirnova S.V., 2022

Alternative for a solution of the problem of correction of the food status of the population is targeted introduction of ingredients from vegetable raw materials (fruit and vegetable purees, powders etc) in foodstuffs production [14–17].

Foodstuffs of oil and fat and biotechnology industries are traditional and popular among the Ukrainian consumer. There are salads and sandwiches with mayonnaise at the table of practically each Ukrainian family every day, fermented milk products are an integral part of a daily diet. But it should be noted that ingredients which strongly reduce advantage of the consumed product are often used in production of the above-named products. Starches undesirable to the consumption by particular categories of people are often applied in production of mayonnaise and yogurts with additives. The use of synthetic preservatives can significantly extend the shelf life of finished products, but also can have a negative impact on the human body, especially children [18-22].

The fruit and berry raw materials powders application in compoundings of mayonnaise and fermented milk products is expedient not only thanks to enrichment of products by biologically valuable ingredients, but also thanks to existence of certain technological powders properties [23]. Researches in this direction have been continuing and thanks to new scientific data obtaining there are the prerequisites for the creation of food products new types, which are useful and attractive to the consumer, by technologists and experts of a healthy diet. Inclusion of powders from a wastages of juice and vegetable productions in structure of food products can become the alternate replacement of traditional and not always useful ingredients.

Powders from berry raw materials include flavonoids with high antioxidants activity. In particular, dark varieties of grapes are rich in anthocyanins which have high reactivity to free radicals and can color the products with low pH values in various shades of red color [24, 25]. That is use of powders from berry raw materials in mayonnaise and fermented milk products is expedient, firstly, on the part of organoleptic. These food systems which are emulsions have optimum pH level for anthocyanins hydrolysis and coloring of a product in shades of red.

Mountain ash berries, except flavonoids, incorporate a certain amount of organic acids [26]. Some of them have the specific preserving properties, because of capability to suppress pathogenic microflora development. The total content of organic acids in the mountain ash berries is not less than 8,0 %, including sorbic acid, malic acid, citric acid, etc. [27]. It is known that sorbic acid and its salts are used in the food industry as preservatives. Synthetic sorbic acid is applied in foodstuffs production but it can negatively affect to the person health state through the content of its industrial synthesis by-products [28, 29].

Except the high content of natural polyphenols powders from vegetable raw materials are a sources of soluble and insoluble food fibers (pectins, celluloses, hemicelluloses). Positive influence of food fibers on person health is proved in many scientific researches [30-33]. But the food diet of the modern, very active and busy person, does not provide the use of necessary standard daily rate of food fibers. Therefore these nutrients introduction to popular food products (yogurts and kefir drinks, mayonnaises and fruit dressing etc) in the form of powders is relevant. Besides increase in nutritional and biological value of a finished product it is also possible to regulate extent of condensation and to prevent premature stratification of emulsion oil and fat and fermented milk products. After all, pectin substances have moisture-retaining and gel-forming properties [34].

It is possible to receive the functional ingredients for enrichment of food products as the alternate replacement to traditional components by creation of mixed powders from berry and fruit vegetable raw materials. In particular the functional ingredients can be used instead of synthetic dyes, stabilizers, the preserving substances which are present at various sauces, dairy drinks for giving the attractive taste and color to a product. The scientific research continuing in this direction provides the basis for innovative solutions in the field of fat-and-oil products and biotechnology industries.

#### **Content of antioxidants of polyphenolic nature in the mixes of powders from berry raw materials.**

The studies results of the amount of polyphenolic substances (flavonoids) determination in samples of berry raw powder mixes are given in Table 1.

Table 1. Content of antioxidants of polyphenolic nature in the mixes of powders from Black pearl variety grape skin and from the mountain ash berries

Polyphenolic substances content in terms of	Sample № 1	Sample № 2	Sample № 3
Quercetin, %	6.81±0.03	6.74±0.07	6.71±0.02
Cyanidin-3,5-diglucoside, %	3.25±0.01	2.87±0.01	2.14±0.02

Analyzing results of researches, it can be seen that change of ratios of mass fractions of powders in mixes influences in different degree on total composition of polyphenolic antioxidants. Moreover,

the changes in the amount of polyphenolic substances in terms of quercetin are slight, this flavonoid is found in berries and fruits of any color. It is possible to see a tendency to decrease the total content of

anthocyanins in terms of cyanidin-3,5-diglucoside with mass fraction of grape skin powder decrease. Data of researches can be explained as follows: anthocyanins refer to the polyphenolic antioxidants which report red dark cherry and violet colors to fruits. The maximum quantity of anthocyanins is contained in the dark colors berries (blackberry, bilberry, dark varieties of grapes). So increase in a mass fraction of powder of mountain ash berries is in inverse proportion to the amount of polyphenolic substances in terms of cyanidin-3,5-diglucoside.

Based on the above data of experimental studies, all samples can be used in further researches because of almost identical content of quercetin which presence can affect positively on microbiological stability of finished products. The antioxidant, antimicrobial and fungicidal properties of quercetin

and other polyphenolic compounds have been confirmed by the studies reported in [8, 39-41]. Decrease of content of anthocyanin compounds will affect on shades of flowers of production, but due to the optimum pH for anthocyanins in the offered food systems discoloration (from gentle-pink to cherry-red) will be favorable for expansion of the range of production.

#### **Sorbic acid content in samples of mixes of berry raw materials powders**

Determination of sorbic acid content in samples of mixes of berry raw materials powders was the following stage of the experimental studies. Sorbic acid in fruit and berries is the natural preserving substance and is capable to suppress the processes of the fungal microorganisms growth. Results of the conducted researches are presented in Table 2.

Table 2. Sorbic acid content in mixes of powders from Black pearl variety grape skin and from mountain ash berries

Samples of mixes	Sample № 1	Sample № 2	Sample № 3
Sorbic acid content, mas. %	0.43±0.05	0.48±0.02	0.54±0.02

It has been shown that the content of sorbic acid increases with increase in a mass fraction of mountain ash berries powder in the mixes. Sorbic acid content prevail in № 2 and № 3 samples. And the mix of berry powders in the offered concentration addition can influence on increasing in microbiological decay resistance of production of oil and fat and biotechnology industries. Besides, it is known that sorbic acid shows the antifungal properties only at pH values of food system lower than 6.5 [29, 42-44]. That is fermented milk products and mayonnaise are

optimum products to show the preserving properties of sorbic acid from natural origin [27].

#### **Content of soluble and insoluble fibers in mixes of powders from berry raw materials**

The chosen samples of mixes of berry raw materials powders were used for further researches. In particular, the content of soluble and insoluble fibers in samples of mixes of powders was determined. Results of the conducted researches are presented in Table 3.

Table 3. Content of soluble and insoluble fibers in the mixes of powders from Black pearl variety grape skin and from mountain ash berries

Content of soluble and insoluble fibers	Sample № 2	Sample № 3
Crude fiber, %	7.08±0.02	6.97±0.02
Total content of pectin substances, %	1.89±0.01	3.28±0.01

Analyzing the obtained data, it is possible to observe that increase in total content of pectin substances with increasing in a mass fraction of mountain ash berries powder. This results can be explained by that the mountain ash berries powder represents spews which is received after juicing. The remnants are the prevailing amount of pulp which is rich in pectins, and a peel. Grape skin powder, first of all, consists of hemicellulose and insoluble protopectins. The results of the studies of dietary fiber amount ratio in fruit and vegetable raw materials are confirmed by the data of scientists in [45-47].

The presence of food fibers, soluble and insoluble, in a mixes of powders can affect the

technological properties of the offered functional ingredient and increase the moisture retaining, stabilizing and gelling ability. Besides, availability of food fibers reduces their deficiency in a food diet of the person.

#### **Microbiological studies of mayonnaise and yogurt samples with the addition of powders from berry raw materials**

The last stage of work consisted in conducting microbiological studies of the samples of mayonnaise and yogurt with the addition of berry raw materials powders with a different content of constituents which were chosen on the basis of trial tests.

Results of researches are presented in Table 4 and Table 5.

Table 4. Dynamics of changes in number of viable cells of yeasts in the samples of mayonnaise and yogurt with different content of powders from Black pearl variety grape skin and from mountain ash berries in mixes during storage

Mayonnaise with 40.0 % fat mass fraction		Yogurt with 2.5 % fat mass fraction	
Control 1		Control 2	
Shelf life, days	Yeast, CFU/cm <sup>3</sup>	Shelf life, days	Yeast, CFU/cm <sup>3</sup>
5	384	5	<10
10	405	10	<10
15	487	15	<20
20	543	20	45±2
25	588	25	80±3
Sample № 2 (3.0 % and 2.0 %)		Sample № 2 (3.0 % and 2.0 %)	
Shelf life, days	Yeast, CFU/cm <sup>3</sup>	Shelf life, days	Yeast, CFU/cm <sup>3</sup>
5	101	5	<10
10	131	10	<10
15	135	15	<20
20	141	20	32±2
25	289	25	44±2
Sample № 3 (2.0 % and 3.0 %)		Sample № 3 (2.0 % and 3.0 %)	
Shelf life, days	Yeast, CFU/cm <sup>3</sup>	Shelf life, days	Yeast, CFU/cm <sup>3</sup>
5	95	5	<10
10	97	10	<10
15	101	15	<20
20	128	20	30±2
25	181	25	45±2

Table 5. Dynamics of changes in number of viable cells of molds in the samples of mayonnaise and yogurt with different content of powders from Black pearl variety grape skin and from mountain ash berries in mixes during storage

Mayonnaise with 40.0 % fat mass fraction		Yogurt with 2.5 % fat mass fraction	
Control 1		Control 2	
Shelf life, days	Mold, CFU/cm <sup>3</sup>	Shelf life, days	Mold, CFU/cm <sup>3</sup>
5	<10	5	<10
10	<10	10	<10
15	<10	15	<30
20	<10	20	45±3
25	<20	25	68±3
Sample № 2 (3.0 % and 2.0 %)		Sample № 2 (3.0 % and 2.0 %)	
Shelf life, days	Mold, CFU/cm <sup>3</sup>	Shelf life, days	Mold, CFU/cm <sup>3</sup>
5	0	5	<10
10	0	10	<10
15	<10	15	<30
20	<10	20	37±2
25	<10	25	55±2
Sample № 3 (2.0 % and 3.0%)		Sample № 3 (2.0 % and 3.0 %)	
Shelf life, days	Mold, CFU/cm <sup>3</sup>	Shelf life, days	Mold, CFU/cm <sup>3</sup>
5	0	5	<10
10	0	10	<10
15	<10	15	<20
20	<10	20	32±2
25	<10	25	51±2

Data of researches (in Table 4, Table 5) show that introduction to a compounding of oil and fat and fermented milk products mixes of grape skin and mountain ashes berries powders slows down the

growth of a pathogenic microflora at concentration of 2.0 % mas. of grape skin powder and of 3.0 % mas. of mountain ash berries powder (sample № 3). It can be explained with presence of a flavonoid of quercetin

in grape skin powder which has ability to be oxidized to compound with the expressed antifungal properties, and sorbic acid in mountain ash berries powder having the preserving properties at low pH levels of food systems. The obtained results are also corresponded by the results of scientific researches given in [8, 18, 39, 41–43]. Further increase in concentration of mountain ash berries powder is inexpedient because of deterioration in organoleptic quality control parameters

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

This article presents study of the content of the main biologically active substances of mixtures of powders of berry raw materials for their inclusion in the products of the oil and fat industry and biotechnology industry.

The total flavonoids maintenance (in terms of quercetin and cyanidin-3,5-diglucoside) in samples of mixtures of powders which were offered to be added into a compounding of mayonnaise and yogurts for healthy purposes was defined; it was proved that the increase in the mass fraction of the berries powder was in inverse proportion to the total content of polyphenolic substances in the amount of cyanidin-3,5-diglucoside; it was defined that variation of mass fractions of berry raw materials powders practically did not influence on the total polyphenolic substances maintenance in terms of quercetin.

Determination of a mass fraction of sorbic acid in mixtures of powders was shown that there was a gradual increase in content of sorbic acid with increase in mass fraction of a mountain ash berries powder in mixtures; samples with the maximal content of sorbic acid in mixtures were chosen for further researches.

The content of crude fiber and pectin substances in samples of mixtures of powders was determined; it was discovered that the total content of pectin substances increased with an increase in the mass fraction of a mountain ash berries powder in the mix.

It was defined that the mix of powders from Black pearl variety grape skin and from mountain ash berries, with concentration of 2.0% and 3.0% respectively, adding in samples of mayonnaise and yogurt reduced quantity of colony-forming units of yeast and a mold during products storage in comparison with control without mixtures of powders.

Results of experiments can be applied by scientific and production institutions which are engaged in development and introduction of new technologies of oil and fat and fermented milk products for health purposes.

### References

1. International Food Information Council (2018), Foundation 2018 food and health survey, Available at: <https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2018/05/2018-FHS-Report-FINAL.pdf>
2. Cencic A., Chingwaru W. (2010), The role of functional foods, nutraceuticals, and food supplements in intestinal health, *Nutrients*, 2(6), pp. 611–625.
3. Gasmalla M. A. A., Tessema H. A., Salaheldin A., Alahmad K., Hassanin H. A. M. (2017), Health benefits of milk and functional dairy products, *MOJ Food Processing & Technology*, 4(4), pp. 108–111.
4. Bhat Z, Bhat H. (2011), Milk and dairy products as functional foods: A review, *International Journal of Dairy Science*, 6(1), pp. 1–12.
5. Park Y. W., Haenlein G. F. W. (2013), *Milk and dairy products in human nutrition: production, composition and health*, John Wiley & Sons Ltd, Pondicherry.
6. Chatterjee D., Bhattacharjee P. (2015), Use of eugenol-lean clove extract as a flavoring agent and natural antioxidant in mayonnaise: product characterization and storage study, *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), pp. 4945–4954.
7. Павлічук Р. Ю., Похарська В. В., Радченко Л. О., Юрїєва О. О., Хасанова А. Е., Абрамова Т. С., Коломиєць Т. М. (2015), Розробка технологій наноекстрактів та нанопорошків із прянощів для оздоровчих продуктів, *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 3(10), с. 54–59.
8. Altunkaya A., Hedegaard R. V., Harholt J., Brimer L., Gökmen V., Skibsted L. H. (2013), Oxidative stability and chemical safety of mayonnaise enriched with grape seed extract, *Food & function*, 4(11), pp. 1647–1653.
9. Das J., Bhattacharya T., Kar S., Ghosh M., Bhattacharyya D. (2013), Preparation of some nutritionally superior quality mayonnaise products, *International Journal of Applied Sciences and Engineering*, 1(1), pp. 15–20.
10. Garcia M., Silva Y., Casariego, A. (2014), Development of a mayonnaise with chitosan as natural antioxidant, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(10), pp. 835–843.
11. Sundar Raj A. A., Rubila S., Jayabalan R., Ranganathan T.V. (2012), A review on pectin: chemistry due to general properties of pectin and its pharmaceutical uses, *Open Access Scientific Reports*, 1 (12), pp. 1–4, Available at: <https://www.omicsonline.org/scientific-reports/2157-7110-SR-550.pdf>
12. Steels H., James S.A., Roberts I.N., Stratford, M. (2000), Sorbic acid resistance: the inoculum effect, *Yeast*, 16(13), pp. 1173–1183.
13. Day A. J., Rothwell J. A., Morgan R. (2004), Characterization of polyphenol metabolites, In Y. Bao, R. Fenwick, eds, *Phytochemicals in health and disease*, New York, NY: Dekker, pp. 50–67, Available at: <https://books.google.com.ua/books?id=ruD5AWIELmgC&pg=PA50&lpg=PA50&dq=Characterization+of+polyphenol+metabolites&source=bl&ots=6ZpAv6nAh&sig>
14. Ciriminna R., Chavarria-Hernandez N., Ines Rodriguez Hernandez A., Pagliaro M., (2015), Pectin: A new perspective from the biorefinery standpoint, *Biofuels Bioproducts and Biorefining*, 9(4), pp. 1–11.
15. Prakash B., Kujur A., Pratap Singh P., Kumar A., Yadav A. (2017), Plants-derived bioactive compounds as functional food ingredients and food preservative, *Nutrition & Food Science*, 2(1), pp. 1–7.

16. Shandilya U.K., Sharma A. (2017), Functional foods and their benefits: an overview, *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 7(4), pp. 353–356.
17. Roos B., Morand C., Conesa M. G. (2017), Plant-based potential: nutrition powerhouses, *The World of Food Ingredients*, June, pp.84–86.
18. Shahin R., Nayebzadeh K., Alizadeh L., Mohammadi A. (2014), Antioxidant effect of tocopherol and TBHQ on oil oxidation over the shelf life of mayonnaise, *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(4), pp. 227–236.
19. Muehlhoff E., Bennett A., McMahon D. (2013), *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
20. Abdulmumeen H. A., Risikat A. N., Sururah A. R. (2012), Food: Its preservatives, additives and applications, *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 1, pp. 36–47.
21. Silva M.M., Lidon F.C. (2016), Food preservatives – An overview on applications and side effects, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(6), pp. 366–373.
22. Sectaramaiah K., Anton Smith A., Murali R., Manavalan R. (2011), Preservatives in Food Products – Review, *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 2(2), pp. 583–599.
23. Анан'єва В. В., Белінська А. П., Кричківська Л. В., Петров С. О., Петрова І. А. (2016), Дослідження технологічних властивостей порошку шкірки винограду як функціонального інгредієнту майонезного соусу, *Технологический аудит и резервы производства*, 6/3 (32), с. 36–41.
24. Wallace T. C., Giusti, M. M. (2008), Determination of color, pigment, and phenolic stability in yogurt systems colored with nonacylated anthocyanins from *Berberis boliviana* L. as compared to other natural/synthetic colorants, *Journal of Food Science*, 73(4), pp. 241–248.
25. Pina F., Melo M. J., Laia C. A., Parola A. J., Lima J. C. (2012), Chemistry and applications of flavylum compounds: a handful of colours, *Chemical Society Reviews*, 41(2), pp. 869–908.
26. Olszewska M. A., Michel P. (2009), Antioxidant activity of inflorescences, leaves and fruits of three *Sorbus* species in relation to their polyphenolic composition, *Natural Product Research*, 23(16), pp. 1507–1521.
27. Oz A. T., Kafkas E. (2017), Phytochemicals in fruits and vegetables, In V. Waisundara, eds, *Superfood and Functional Food – An Overview of Their Processing and Utilization*, InTech, pp. 175–184, Available at: <https://api.intechopen.com/chapter/pdf-preview/53698>.
28. Shad M. A., Zafar Z. I., Nawaz H., Anwar F. (2012), Effect of sorbic acid and some other food preservatives on human serum cholinesterase activity, *African Journal of Biotechnology*, 11(51), pp. 11280–11286.
29. Cakir R., Cagri-Mehmetoglu A. (2013), Sorbic and benzoic acid in non-preservative-added food products in Turkey, *Food Additives & Contaminants*, 6(1), pp. 47–54.
30. Kumar V., Sharma V., Singh L. (2018), Pectin from fruit peels and its uses as pharmaceutical and food grade: A descriptive review, *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical sciences*, 5(5), pp.185–199.
31. Tyagi V., Sharma P.K., Malviya R. (2015), Pectins and their role in food and pharmaceutical industry: A review, *Journal of Chronotherapy and Drug Delivery*, 6(3), pp. 65–77.
32. Borazan A.A., Acikgoz C. (2017), Effect of quince variety on the quality of pectin: chemical composition and characterization, *International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*, 7(4), pp. 393–400.
33. Mehraj Pasha K., Anuradha P., Subbarao D. (2013), Application of pectinases in industrial sector, *International Journal of pure and Applied sciences and Technology*, 16(1), pp. 89–95.
34. Nishinari K. (2008), Structure and properties of food hydrocolloids – gels, emulsions and foams, *Foods & food ingredients journal of Japan*, 213(5), pp. 138–141.
35. Ananieva V. V., Krychkovska L. V., Belinska A. P., Petrov S. O. (2016), Pidvyshchennia antyoksydantnoi stiiikosti oliinoi osnovy emulsiinykh produktiv kharchuvannia ozdorovchoho pryznachennia, *Visnyk NTU «KHPi»*. Seria: Innovatsiini doslidzhennia u naukovykh robotakh studentiv, 19 (1191), pp. 75–81.
36. Ananieva V., Varankina A., Bielykh I., Samoilenko S., Zviahintseva O. (2017), Research of rheological properties of mayonnaise sauce with grape skin powder, *Technology audit and production reserves*, 2/3(34), pp. 13–17.
37. Анан'єва В. В., Панченко В. Ю., Матвеева Т. В. (2018), Оценка потребительских свойств эмульсионной продукции с содержанием биологических ценных нутриентов, в материалах XI Международной конференции «Олієжирова галузь: технології і ринок», Київ: Експерт Агро, с. 32–34.
38. Анан'єва В. В., Кричківська Л. В., Белінська А. П., Варанкіна О. О. (2016), Особливості технології харчових олієжирових емульсій оздоровчого призначення, *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія : Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*, 29, с. 55–61.
39. Han L., Yang Q., Li J., Cheng F., Zhang Y., Li Y., Wang M. (2019), Protocatechuic acid-ameliorated endothelial oxidative stress through regulating acetylation level via CD36/AMPK pathway, *Journal of agricultural and food chemistry*, 67 (25), pp. 7060–7072.
40. Oliveira V. M., Carraro E., Auler M. E., Khalil N. M. (2016), Quercetin and rutin as potential agents antifungal against *Cryptococcus* spp., *Brazilian journal of biology*, 76 (4), pp. 1029–1034.
41. Cushnie T. P., Lamb A. J. (2005), Antimicrobial activity of flavonoids, *International journal of antimicrobial agents*, 26 (5), pp. 343–356.
42. Šoljić I., Vermeulen A., Namboozee C., Rivière A., Samapundo S., Devlieghere F. (2018), Solid fat influences sorbic acid partitioning and enhances the preservation effect on *C. guilliermondii* in biphasic food model systems, *International journal of food microbiology*, 285, pp. 74–80.
43. Huang Y., Wilson M., Chapman B., Hocking AD (2010), Evaluation of the efficacy of four weak acids as antifungal preservatives in low-acid intermediate moisture model food systems, *Food microbiology*, 27 (1), pp. 33–36.
44. Guynot M. E., Ramos A. J., Sanchis V., Marín S. (2005), Study of benzoate, propionate, and sorbate salts as mould spoilage inhibitors on intermediate moisture bakery products of low pH (4.5-5.5), *International journal of food microbiology*, 101 (2), pp. 161–168.
45. Villanueva-Suárez M. J., Redondo-Cuenca A., Rodríguez-Sevilla M. D., de las Heras Martínez M. (2003), Characterization of nonstarch polysaccharides content from different edible organs of some vegetables, determined by GC and HPLC: comparative study, *Journal of agricultural and food chemistry*, 51 (20), pp. 5950–5955.
46. Saenz C., Yoong M., Figuerola F., Chiffelle I., Estevez A.M. (2012), Cactus pear cladodes powders as a source of dietary fibre: purification and properties. *International*

Journal of Food Sciences and Nutrition, 63 (3), pp. 283–289.

47. Oliver J. D., Gaborieau M., Hilder E. F., Castignolles P. (2013), Simple and robust determination of monosaccharides in plant fibers in complex mixes by capillary electrophoresis and high performance liquid chromatography, *Journal of Chromatography*, 1291, pp. 179–186.

#### Bibliography (transliterated)

1. International Food Information Council (2018), Foundation 2018 food and health survey, Available at: <https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2018/05/2018-FHS-Report-FINAL.pdf>
2. Cencic A., Chingwaru W. (2010), The role of functional foods, nutraceuticals, and food supplements in intestinal health, *Nutrients*, 2(6), pp. 611–625.
3. Gasmalla M. A. A., Tessema H. A., Salaheldin A., Alahmad K., Hassanin H. A. M. (2017), Health benefits of milk and functional dairy products, *MOJ Food Processing & Technology*, 4(4), pp. 108–111.
4. Bhat Z, Bhat H. (2011), Milk and dairy products as functional foods: A review, *International Journal of Dairy Science*, 6(1), pp. 1–12.
5. Park Y. W., Haenlein G. F. W. (2013), Milk and dairy products in human nutrition: production, composition and health, John Wiley & Sons Ltd, Pondicherry.
6. Chatterjee D., Bhattacharjee P. (2015), Use of eugenol-lean clove extract as a flavoring agent and natural antioxidant in mayonnaise: product characterization and storage study, *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), pp. 4945–4954.
7. Pavliuk R. Yu., Poharska V. V., Radchenko L. O., Yurieva O. O., Hasanova A. E., Abramova T. S., Kolomiets T. M. (2015), Rozrobka tekhnolohii nanoekstraktiv ta nanoporoshkiv iz prianoschiv dlia ozdorovchykh produktiv, *Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii*, 3(10), pp. 54–59.
8. Altunkaya A., Hedegaard R. V., Harholt J., Brimer L., Gökmen V., Skibsted L. H. (2013), Oxidative stability and chemical safety of mayonnaise enriched with grape seed extract, *Food & function*, 4(11), pp. 1647–1653.
9. Das J., Bhattacharya T., Kar S., Ghosh M., Bhattacharyya D. (2013), Preparation of some nutritionally superior quality mayonnaise products, *International Journal of Applied Sciences and Engineering*, 1(1), pp. 15–20.
10. Garcia M., Silva Y., Casariego, A. (2014), Development of a mayonnaise with chitosan as natural antioxidant, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(10), pp. 835–843.
11. Sundar Raj A. A., Rubila S., Jayabalan R., Ranganathan T.V. (2012), A review on pectin: chemistry due to general properties of pectin and its pharmaceutical uses, *Open Access Scientific Reports*, 1 (12), pp. 1–4, Available at: <https://www.omicsonline.org/scientific-reports/2157-7110-SR-550.pdf>
12. Steels H., James S. A., Roberts I. N., Stratford, M. (2000), Sorbic acid resistance: the inoculum effect, *Yeast*, 16(13), pp. 1173–1183.
13. Day A. J., Rothwell J. A., Morgan R. (2004), Characterization of polyphenol metabolites, In Y. Bao, R. Fenwick, eds, *Phytochemicals in health and disease*, New York, NY: Dekker, pp. 50–67, Available at: <https://books.google.com.ua/books?id=ruD5AWIElmgC&pg=PA50&lpg=PA50&dq=Characterization+of+polyphenol+metabolites&source=bl&ots=s6ZpAv6nAh&sig>
14. Ciriminna R., Chavarria-Hernandez N., Ines Rodriguez Hernandez A., Pagliaro M., (2015), Pectin: A new perspective from the biorefinery standpoint, *Biofuels Bioproducts and Biorefining*, 9(4), pp. 1–11.
15. Prakash B., Kujur A., Pratap Singh P., Kumar A., Yadav A. (2017), Plants-derived bioactive compounds as functional food ingredients and food preservative, *Nutrition & Food Science*, 2(1), pp. 1–7.
16. Shandilya U.K., Sharma A. (2017), Functional foods and their benefits: an overview, *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 7(4), pp. 353–356.
17. Roos B., Morand C., Conesa M. G. (2017), Plant-based potential: nutrition powerhouses, *The World of Food Ingredients*, June, pp. 84–86.
18. Shahin R., Nayebzadeh K., Alizadeh L., Mohammadi A. (2014), Antioxidant effect of tocopherol and TBHQ on oil oxidation over the shelf life of mayonnaise, *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(4), pp. 227–236.
19. Muehlhoff E., Bennett A., McMahon D. (2013), *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
20. Abdulmumeen H. A., Risikat A. N., Sururah A. R. (2012), Food: Its preservatives, additives and applications, *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 1, pp. 36–47.
21. Silva M. M., Lidon F. C. (2016), Food preservatives – An overview on applications and side effects, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(6), pp. 366–373.
22. Seetaramaiah K., Anton Smith A., Murali R., Manavalan R. (2011), Preservatives in Food Products – Review, *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 2(2), pp. 583–599.
23. Ananieva V. V., Bielinska A. P., Krychkovska L. V., Petrov S. O., Petrova I. A. (2016), Doslidzhennia tekhnolohichnykh vlastyvostei poroshku shkirky vynohradu yak funktsionalnoho inhrediientu maioneznoho sousu, *Tekhnologicheskii audit i rezervy proizvodstva*, 6/3 (32), pp. 36–41.
24. Wallace T. C., Giusti, M.M. (2008), Determination of color, pigment, and phenolic stability in yogurt systems colored with nonacylated anthocyanins from *Berberis boliviana* L. as compared to other natural/synthetic colorants, *Journal of Food Science*, 73(4), pp. 241–248.
25. Pina F., Melo M. J., Laia C. A., Parola A. J., Lima J. C. (2012), Chemistry and applications of flavylum compounds: a handful of colours, *Chemical Society Reviews*, 41(2), pp. 869–908.
26. Olszewska M. A., Michel P. (2009), Antioxidant activity of inflorescences, leaves and fruits of three *Sorbus* species in relation to their polyphenolic composition, *Natural Product Research*, 23(16), pp. 1507–1521.
27. Oz A. T., Kafkas E. (2017), Phytochemicals in fruits and vegetables, In V. Waisundara, eds, *Superfood and Functional Food – An Overview of Their Processing and Utilization*, InTech, pp. 175–184, Available at: <https://api.intechopen.com/chapter/pdf-preview/53698>.
28. Shad M. A., Zafar Z. I., Nawaz H., Anwar F. (2012), Effect of sorbic acid and some other food preservatives on human serum cholinesterase activity, *African Journal of Biotechnology*, 11(51), pp. 11280–11286.
29. Cakir R., Cagri-Mehmetoglu A. (2013), Sorbic and benzoic acid in non-preservative-added food products in Turkey, *Food Additives & Contaminants*, 6(1), pp. 47–54.
30. Kumar V., Sharma V., Singh L. (2018), Pectin from fruit peels and its uses as pharmaceutical and food grade: A

- descriptive review, *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical sciences*, 5(5), pp.185–199.
31. Tyagi V., Sharma P. K., Malviya R. (2015), Pectins and their role in food and pharmaceutical industry: A review, *Journal of Chronotherapy and Drug Delivery*, 6(3), pp. 65–77.
  32. Borazan A. A., Acikgoz C. (2017), Effect of quince variety on the quality of pectin: chemical composition and characterization, *International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*, 7(4), pp. 393–400.
  33. Mehraj Pasha K., Anuradha P., Subbarao D. (2013), Application of pectinases in industrial sector, *International Journal of pure and Applied sciences and Technology*, 16(1), pp. 89–95.
  34. Nishinari K. (2008), Structure and properties of food hydrocolloids – gels, emulsions and foams, *Foods & food ingredients journal of Japan*, 213(5), pp. 138–141.
  35. Ananieva V. V., Krychkovska L. V., Belinska A. P., Petrov S. O. (2016), Pidvyshchennia antyoksydantnoi stiiikosti oliinoi osnovy emulsiinykh produktiv kharchuvannia ozdorochoho pryznachennia, *Visnyk NTU «KhPI»*. Serii: Innovatsiini doslidzhennia u naukovykh robotakh studentiv, 19 (1191), pp. 75–81.
  36. Ananieva V., Varankina A., Bielykh I., Samoilenko S., Zviahintseva O. (2017), Research of rheological properties of mayonnaise sauce with grape skin powder, *Technology audit and production reserves*, 2/3(34), pp. 13–17.
  37. Ananieva V. V., Panchenko V. Yu., Matveeva T. V. (2018), Otsenka potrebytelskykh svoistv emulsiyonnoi produktsyy s soderzhanyem byolohychesky tsennykh nutryentov, In *Materialy XI Mizhnarodnoi konferentsii «Oliiezhyrova haluz: tekhnolohii i ryнок»*, Kyiv: Ekspert Ahro, pp. 32–34.
  38. Ananieva V. V., Krychkovska L. V., Belinska A. P., Varankina O. O. (2016), Osoblyvosti tekhnolohii kharchovykh oliiezhyrovykh emulsiiv ozdorochoho pryznachennia, *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*. Serii : Innovatsiini doslidzhennia u naukovykh robotakh studentiv, 29, pp. 55–61.
  39. Han L., Yang Q., Li J., Cheng F., Zhang Y., Li Y., Wang M. (2019), Protocatechuic acid-ameliorated endothelial oxidative stress through regulating acetylation level via CD36/AMPK pathway, *Journal of agricultural and food chemistry*, 67 (25), pp. 7060–7072.
  40. Oliveira V. M., Carraro E., Auler M. E., Khalil N. M. (2016), Quercetin and rutin as potential agents antifungal against *Cryptococcus* spp., *Brazilian journal of biology*, 76 (4), pp. 1029–1034.
  41. Cushnie T. P, Lamb A. J. (2005), Antimicrobial activity of flavonoids, *International journal of antimicrobial agents*, 26 (5), pp. 343–356.
  42. Šoljić I., Vermeulen A., Namboozee C., Rivière A., Samapundo S., Devlieghere F. (2018), Solid fat influences sorbic acid partitioning and enhances the preservation effect on *C. guilliermondii* in biphasic food model systems, *International journal of food microbiology*, 285, pp. 74–80.
  43. Huang Y., Wilson M., Chapman B., Hocking AD (2010), Evaluation of the efficacy of four weak acids as antifungal preservatives in low-acid intermediate moisture model food systems, *Food microbiology*, 27 (1), pp. 33–36.
  44. Guynot M. E., Ramos A. J., Sanchis V., Marín S. (2005), Study of benzoate, propionate, and sorbate salts as mould spoilage inhibitors on intermediate moisture bakery products of low pH (4.5-5.5), *International journal of food microbiology*, 101 (2), pp. 161–168.
  45. Villanueva-Suárez M. J., Redondo-Cuenca A., Rodríguez-Sevilla M. D., de las Heras Martínez M. (2003), Characterization of nonstarch polysaccharides content from different edible organs of some vegetables, determined by GC and HPLC: comparative study, *Journal of agricultural and food chemistry*, 51 (20), pp. 5950–5955.
  46. Saenz C., Yoong M., Figuerola F., Chiffelle I., Estevez A.M. (2012), Cactus pear cladodes powders as a source of dietary fibre: purification and properties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63 (3), pp. 283–289.
  47. Oliver J. D., Gaborieau M., Hilder E. F., Castignolles P. (2013), Simple and robust determination of monosaccharides in plant fibers in complex mixes by capillary electrophoresis and high performance liquid chromatography, *Journal of Chromatography*, 1291, pp. 179–186.

Надійшла (received) 19.11.2021

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

**Ananieva Valeriia Victorivna (Ананьева Валерия Викторовна, Анан'єва Валерія Вікторівна)** – PhD, associate professor, Department of Organic Synthesis and Pharmaceutical Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8059-5205>;

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

**Varankina Olexandra Olexandrivna (Варанкина Александра Александровна, Варанкіна Олександра Олександрівна)** – PhD, associate professor, Department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6117-7091> ;

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

**Ovsiannikova Tetyana Oleksandrivna (Овсянникова Татьяна Александровна, Овсяннікова Тетяна Олександрівна)** – PhD, associate professor, Department of Organic Synthesis and Pharmaceutical Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4916-7189>;

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



**Zhirnova Svitlana Victorivna (Жирнова Светлана Викторовна, Жирнова Світлана Вікторівна)** – Senior Lecturer, Department of Organic Synthesis and Pharmaceutical Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9270-1474> ;  
e-mail: [svitlanazirnova@gmail.com](mailto:svitlanazirnova@gmail.com)

**АНАН'ЄВА В. В., ВАРАНКІНА О. О., ОВСЯННИКОВА Т. О., ЖИРНОВА С. В.**

### **ЗБАГАЧЕННЯ ПРОДУКТІВ ОЛІЄЖИРОВОЇ ГАЛУЗІ ТА ГАЛУЗІ БІОТЕХНОЛОГІЇ АНТИОКСИДАНТАМИ ТА КОНСЕРВУЧИМИ РЕЧОВИНАМИ ПОРОШКІВ З ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ**

Дослідження вмісту суми поліфенольних речовин у зразках сумішей із різним вмістом порошків шкірки винограду та горобини червоноплідної виявили, що варіювання співвідношень масових часток складових практично не впливає на вміст кверцетину, що не є меншим за 6,7 %. Продукт окиснення кверцетину може вплинути на підвищення стійкості до мікробіологічного псування готового продукту. Виявлено, що підвищення масової частки порошку ягід горобини зворотно пропорційно сумі поліфенольних речовин у перерахунку на ціанідин-3,5-диглікозид. Дослідження вмісту сорбінової кислоти у зразках сумішей порошків показало, що при збільшенні масової частки порошку ягід горобини червоноплідної у суміші (від 1 % до 3 %) збільшується вміст сорбінової кислоти (від 0,43 % до 0,54 %). Дослідження вмісту пектинових речовин в обраних зразках сумішей порошків показало, що при збільшенні масової частки порошку ягід горобини зростає також сумарний вміст пектинових речовин (від 1,89 % до 3,28 %), показники за сировою клітковиною практично не змінюються. Проведені мікробіологічні дослідження зразків майонезу з масовою часткою жиру 40,0 % та йогурту з масовою часткою жиру 2,5 % показали, що введення суміші порошків шкірки винограду (2,0 % мас.) та горобини червоноплідної (3,0 % мас.) до складу продуктів уповільнює ріст дріжджів та плісняви.

**Ключові слова:** майонез, йогурт, флавоноїди, сорбінова кислота.

**АНАНЬЕВА. В. В., ВАРАНКИНА А. А., ОВСЯННИКОВА Т. А., ЖИРНОВА С. В.**

### **ОБОГАЩЕНИЕ ПРОДУКТОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ОТРАСЛИ И ОТРАСЛИ БИОТЕХНОЛОГИИ АНТИОКСИДАНТАМИ И КОНСЕРВИРУЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ПОРОШКОВ ИЗ ЯГОДНОГО СЫРЬЯ**

Исследования содержания суммы полифенольных веществ в образцах смесей с разным содержанием порошков кожицы винограда и рябины красноплодной выявили, что варьирование соотношений массовых долей составляющих, практически не влияет на содержание кверцетина, которое не опускается ниже 6,7%. Продукт окисления кверцетина может влиять на повышение устойчивости к микробиологической порче готового продукта. Обнаружено, что повышение массовой доли порошка ягод рябины обратно пропорционально сумме полифенольных веществ в перерасчете на цианид-4,5-дигликозид. Исследование содержания сорбиновой кислоты в образцах смесей порошков показало, что при увеличении массовой доли порошка ягод рябины красноплодной в смеси (от 1% до 3%) увеличивается содержание сорбиновой кислоты (от 0,43% до 0,54%). Исследование содержания пектиновых веществ в выбранных образцах смесей порошков показало, что при увеличении массовой доли порошка ягод рябины так же растет суммарное содержание пектиновых веществ (от 1,89 до 3,28), показатели по сырой клетчатке практически не изменяются. Проведенные микробиологические исследования образцов майонеза с массовой долей жира 40,0% и йогурта с массовой долей жира 2,5% показали, что введение смеси порошков шкурки винограда (2,0% мас.) и рябины красноплодной (3,5% мас.) в состав продуктов замедляет рост дрожжей и плесени.

**Ключевые слова:** майонез, йогурт, флавоноиды, сорбиновая кислота.

V. A. BAKHMACH, L V. PESHUK, E. A. CHERNUSHENKO, A. M. SAVCHENKO, S. A. PETRENKO

## USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND COMPONENTS IN THE MANUFACTURE OF EMULSION PRODUCTS

*Chlorella vulgaris* has a high biological value. Thanks to its unique composition, it has become one of the most popular superfoods among athletes, vegetarians and healthy lifestyle enthusiasts. *Chlorella vulgaris* contains high antioxidant compounds, high levels of amino acids, high quality proteins, Fe and Ca, unsaturated fatty acids and many types of vitamins including A, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>12</sub>, E and K. The use of *Chlorella vulgaris* in various food industries will allow enrichment of foods with vitamins, minerals, as well as increase their biological value. *Chlorella vulgaris* is used in food, and there are culinary recipes that include the use of algae as one of the main components of dishes. It is very nutritious, because it is saturated with amino acids in the proportions necessary for the physiological functioning of the body. A technological process has been developed for the production of emulsion sauces using *Chlorella vulgaris* algae, which makes it possible to obtain a product with radioprotective properties, which is necessary for people living in adverse environmental conditions. The emulsion products of the wellness direction are described - sauce "Salad" and mayonnaise sauces using microalgae *Chlorella vulgaris*. Experimental samples have organoleptic characteristics characteristic of this type of product. The physico-chemical characteristics of the developed mayonnaise sauces are given. Curved rheological flows of samples of mayonnaise sauces are obtained, which indicate high viscous properties of the samples. An analysis of the obtained values of the change in stability and the developed low-calorie mayonnaises shows that the value decreases during storage, but does not reach the critical ones, which is the established NTD.

**Key words:** food additives, emulsion products, safety of plant raw materials, food expertise, food quality control, functional products, health products.

### Вступ.

*Chlorella* протягом багатьох століть використовувалася як насичений поживними речовинами продукт в Азії, Африці та Мексиці. Однак комерційне великомасштабне виробництво мікроводоростей почалося лише на початку 1960-х років (Японія), і сьогодні мікроводорості в основному продаються як харчові добавки, які зазвичай випускають у формі таблеток, капсул або рідин. Крім того, зростає ринок харчових продуктів з додаванням мікроводоростей, таких як макарони, печиво, хліб, закуски, батончики, йогурти, суміші напоїв, безалкогольні напої тощо, як поживних добавок, так і як джерело натурального харчового барвника. *Chlorella* містить високоантиоксидантні компоненти, велику кількість амінокислот, високоякісні білки, Fe та Ca, ненасичені жирні кислоти та багато типів вітамінів, включаючи A, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>12</sub>, E та K. Вона має протівірусну та протипухлинну дію, впливає та знижує рівень ліпідів у крові, рівень цукру в крові, масу тіла та час загоєння ран. Тому вона відома як лікувальний та функціональний продукт [1].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Переваги використання *Chlorella vulgaris* як харчової добавки в тому, що вона не вибаглива до умов навколишнього середовища і здатна досить інтенсивно розмножуватися, тому дуже широко поширена і зустрічається практично повсюдно [2].

У даний час світовий обсяг продажів продуктів з мікроводоростей неухильно зростає: він оцінюється більше, ніж в 7 мільярдів доларів США. З огляду на величезне біологічне різноманіття мікроводоростей і недавні розробки в галузі генетичної і метаболічної інженерії, вважається, що мікроводорості, зокрема культура *Chlorella vulgaris*, є найбільш перспективним джерелом широкого спектру продуктів: білки, жирні кислоти, нейтральні та полярні ліпіди, полісахариди, антиоксиданти, вітаміни, барвники, водень, кисень тощо [3].

Широко *Chlorella* використовують в харчовій промисловості. В Японії практикують отримання з *Chlorella* порошку, який є висококалорійним продуктом, багатим на поживні речовини, його додають до борошна та використовують для приготування хлібобулочних виробів. В харчовій та косметичній промисловості в якості натурального барвника широко використовують хлорофіли *Chlorella vulgaris* [4].

Проведено багато досліджень, результати яких свідчать, що використання мікроводоростей дає високу ефективність при лікуванні багатьох захворювань, зумовлених порушенням роботи ендокринної та імунної систем, а глікопротеїди та певні компоненти клітинної стінки пригнічують ріст злоякісних пухлин. Каротиноїди пригнічують утворення вільних радикалів, тому їх розглядають в якості антиоксидантів, оскільки подвійні зв'язки в структурі їх молекул здатні до 17 зв'язування синглетного кисню.

Серед пігментів мікроводоростей особливу увагу заслуговують фікобіліпротеїни, які застосовують в якості компонентів протизапальних засобів. Також використання цих пігментів практикують в імунофлуоресцентній діагностиці, де вони виступають в якості міток. *Chlorella vulgaris* має бактерицидні властивості і здатна нейтралізувати дію отруйних речовин. Продукти переробки *Chlorella vulgaris* використовують також в косметології в якості барвників, кремів, емульгаторів, гелеутворювачів і миючих засобів [5].

Смак і запах *Chlorella vulgaris* (у вигляді порошку) сприймається по-різному: може нагадати зелений чай, або аромат скошеної трави. Порошок можна добавляти в любі страви: супи, салати, желе, соуси, лимонад з хлорелою, зелений мед з хлорелою, смузі різноманітні охолоджуючі напої та ін. [6, 7].

© Бахмач В.О., Пешук Л.В., Петренко С.О., Чернушенко О.О., Савченко А.С. 2022

Порошок *Chlorella vulgaris* додають в йогурти, кефір і ряжанку, фруктові соки. *Chlorella vulgaris* у наші дні виробляють у промислових масштабах. Початок промислового виробництва водоростей поклали японці, які у 60-ті роки 20-го століття стали відтворювати *Chlorella vulgaris*. На сьогоднішній день у Японії хлорелу розводять навіть в басейнах на дахах будинків. У США, Франції та інших країнах організовані цілі заводи з отримання *Chlorella vulgaris*. Суха *Chlorella* в Японії йде в їжу людям і в корм птахам, худобі і риbam [8].

В дельті річки Міссісіпі проєктується завод, на якому планують щоденно отримувати 30 т *Chlorella*, що містить 50% білків, що дорівнює виробництву 35 000 т яловичини (така кількість може забезпечити білковим харчуванням близько 3 мільйонів осіб). Для отримання рослинної продукції намічають використовувати моря і океани, які займають 2/3 поверхні нашої планети. *Chlorella vulgaris* розводять тепер і в стічних водах в басейнах біля заводів.

На території України є два виробництва мікроводорості *Chlorella vulgaris* – це ТОВ «Хлорелла Україна», яка знаходиться в м. Біла Церква та ФГ «У Самвела» Одеська область. Вирощують *Chlorella vulgaris* для різних потреб, наприклад, суспензію живої *Chlorella vulgaris* для вирішення комплексу проблем зі здоров'ям: підвищує імунітет, зв'язує і виводить шлаки і токсини, підвищує працездатність, діє як антиоксидант, сприятливо впливає на обмін речовин, дозволяє контролювати артеріальний тиск, бере участь в процесах регенерації організму. *Chlorella vulgaris* вирощують у спеціальній лабораторії, з дотриманням усіх санітарно-гігієнічних норм [9, 10].

В першу чергу сучасні тенденції розширення асортименту продуктів харчування орієнтовані на створення збалансованої за харчовою цінністю продукції, що мають можливість забезпечити потребу в незамінних нутрієнтах. Домінуюча роль відводиться емульсійним олієжировим продуктам – майонезним соусам, топінгам, дресінгам – як продуктам поширеного споживання, що по кишені усім групам населення та щодня присутні у раціоні харчування. Це пов'язане з можливістю створення широкого асортименту комбінованих продуктів на основі складових природного походження, що дозволяє отримувати харчові композиції заданого складу і властивостей, із збалансованим вмістом необхідних нутрієнтів [11, 12].

Актуальність наукової роботи зумовлена необхідністю дослідження можливості використання суспензії одноклітинної водорості *Chlorella vulgaris* в емульсійних продуктах з метою надання традиційному продукту оздоровчих властивостей за рахунок використання нативної природної сировини та продовження терміну придатності розроблених майонезних емульсій не використовуючи шкідливі для здоров'я речовини.

**Об'єкт дослідження.** Розробка емульсійних продуктів з використанням мікроводорості хлорела *Chlorella vulgaris*.

**Предмет дослідження.**

Біоактивний розчин суспензія «*Chlorella*» виробник ФГ «У Самвела», соус «Салатний», емульсійні продукти оздоровчого спрямування, контроль якості.

**Результати досліджень.**

На сьогоднішній день згідно з чинним ДСТУ 4487:2015 «Майонези та майонезні соуси. Загальні технічні умови» емульсійні продукти поділяють на майонез та майонезний соус [13].

Майонез – дрібнодисперсний однорідний емульсійний продукт із вмістом жиру не менше, ніж 50%, що виготовляють з олії, води, яєчних продуктів, з додаванням або без продуктів перероблення молока, харчових добавок та інших харчових інгредієнтів (відповідно до рецептури).

Майонезний соус – дрібнодисперсний емульсійний продукт з вмістом жиру не менше ніж 5%, що виготовляють з олії, води, з додаванням або без продуктів перероблення молока, харчових добавок та інших харчових інгредієнтів (відповідно до рецептури) [13].

Зразки соусів готували за методикою приготування майонезної емульсії з сухим яєчним порошком Органолептичні показники майонезних емульсій за оцінкою трьох параметрів визначали шляхом дегустації (табл. 1): зовнішній вигляд та консистенція; смак та запах; колір за стандартною методикою з розробкою шкали оцінки показників.

Таблиця 1 – Рецептури майонезних соусів

Найменування рецептурних компонентів	Вміст рецептурних компонентів, %		
	Контроль соус «Салатний»	Зразок № 1	Зразок № 2
Олія соняшникова рафінована	35	35	35
Компаунд «Стабілекс ЕМ»	-	1,0	1,0
Сухе знежирене молоко	2,5	-	-
Яєчний порошок	6,0	-	-
Гірчичний порошок	0,75	-	-
Цукор	2,5	2,2	2,2
Сіль	2,0	1,1	1,1
Сода питна	0,05	-	-
Оцтова к-та 80 %	1,25	-	-
Лимонна кислота	-	0,3	0,3
Біоактивний розчин суспензія « <i>Chlorella</i> »	-	30,2	60,4
Вода	50,75	30,2	-
Всього	100	100	100

Щоб отримати комплексну оцінку якості майонезів за їх органолептичними характеристиками, необхідно спочатку присвоїти кожному показнику коефіцієнт вагомості, сума яких дорівнює 1.

Показники за коефіцієнтом вагомості розподілили таким чином: смак та запах – 0,6 бала, зовнішній вигляд та консистенція – 0,25 бала, колір – 0,15 бала.

Стійкість емульсії майонезної емульсії визначали стандартним методом. Органолептичні показники розроблених майонезних соусів представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Органолептичні показники майонезних соусів

Найменування показника	Характеристика
<b>Контроль</b>	
Зовнішній вигляд, консистенція	Однорідний сметаноподібний рідкуватий продукт з одиничними пухирцями повітря
Смак та запах	Смак кислуватий, без вираженої гіркоти. Відчувається присмак характерний яйцепродуктам
Колір	Світло-жовтий, однорідний по всій масі
<b>Зразок № 1</b>	
Зовнішній вигляд, консистенція	Однорідний продукт консистенції типу густої сметани, без пухирів повітря
Смак та запах	Смак кислуватий без гіркоти. Без сторонніх присмаків.
Колір	Світло-зелений, однорідний по всій масі
<b>Зразок № 2</b>	
Зовнішній вигляд, консистенція	Однорідний продукт консистенції типу густої сметани
Смак та запах	Смак приємний, без вираженої гіркоти. Без сторонніх присмаків.
Колір	Світло-жовтий, однорідний по всій масі



Рис. 1. Профілограма органолептичної оцінки майонезних соусів.

Аналіз наведених даних свідчить, що дослідні зразки мають органолептичні показники, характерні для даного типу продукції, відмічено, що для зразків 1 та 2 смакові показники позитивно сприймалися дегустаторами

Фізико-хімічні показники розроблених майонезних соусів представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні показники майонезних соусів

Назва	Характеристика показника		
	Контроль соус «Салатний»	Зразок № 1	Зразок № 2
Масова частка жиру, %	36,4	35,4	35,4
Масова частка яєчних продуктів, у тому числі ферментованих, у перерахунку на сухий яєчний жовток, %.	6,0	0,8	0,8
Масова частка вологи, %	50,64	60,2	60,4
Кислотність, %, у перерахунку на оцтову/лимонну кислоту	0,80	0,74	0,73
Стійкість емульсії, % незруйнованої емульсії	100	100	100

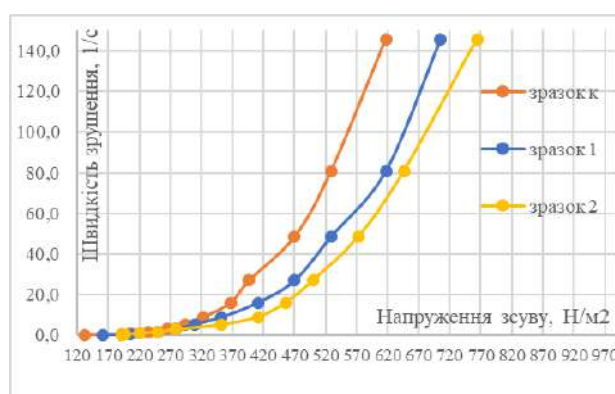


Рис. 2. Реологічні криві течії майонезних соусів

Аналіз отриманих реологічних кривих течіння зразків майонезних соусів свідчить, що найкращі в'язкісні властивості має зразок 2.

Для зразків 1 та 2 отримані результати близькі між собою, проте контроль був дещо гіршим серед представлених зразків.

Отримані дані мають важливе значення оскільки характеризують структурні зміни розроблених майонезних соусів при зберіганні, а отже дають змогу прогнозувати поведінку продукту та проведення дії щодо недопущення втрати якості [7]. Аналіз отриманих значень зміни стійкості розроблених низькокалорійних майонезів свідчить, що при зберіганні значення зменшується, проте не досягає критичних, що встановлені НТД.

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

Характерною особливістю водорості *Chlorella vulgaris* є те, що урожай не дає відходів: немає коріння, соломи, листя, все тіло її – живильний продукт. Це сировина для одержання нових продуктів харчування. *Chlorella vulgaris* має унікальну якість, успішно використовуються у промисловому рослинництві, тваринництві, птахівництві, бджільництві, рибництві. Вона є популярною біодобавкою, суперфудом, природним антибіотиком який має в своєму складі хлореллін.

У деяких країнах *Chlorella vulgaris* використовують у їжу після спеціальної обробки, що поліпшує її засвоєння. Для споживання використовують свіжу біомасу або спеціальну пасту з неї, порошок, який можна придбати на полицях магазинів, крамницях зі спеціями, аптеках [4].

Розроблено технологічний процес виробництва емульсійних соусів із використанням водорості *Chlorella vulgaris*, яка надає можливість отримання продукту з радіопротекторними властивостями, необхідними для людей, що проживають в умовах несприятливої екології.

#### Список літератури

1. Carl Safi, Bachar Zebib, Othmane Merah, Pierre-Yves Pontalier, Carlos VacaGarcia. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*. *Renewable and Sustainable Energy*. 2017. № 35. pp. 265 – 278. [https://libkey.io/10.1016/j.rser.2014.04.007?utm\\_source=ideas](https://libkey.io/10.1016/j.rser.2014.04.007?utm_source=ideas) DOI: 10.1016/j.rser.2014.04.007
2. Пешук Л.В., Сімонова І. Тренд сучасності – продукція оздоровчого призначення з мікроводорослями. *Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького*. 2022. Т. 24. №24 (97). С. 33 – 38.
3. Gigova L., Marinova G. Significance of microalgae - grounds and areas. *Genetics & Plant Physiology*. 2016. Vol. 6(1–2). P. 26 – 31. [http://www.bio21.bas.bg/ippg/bg/wp-content/uploads/2016/07/GPP\\_6\\_1-2\\_2016\\_85-100.pdf](http://www.bio21.bas.bg/ippg/bg/wp-content/uploads/2016/07/GPP_6_1-2_2016_85-100.pdf)
4. Spolaore, P. Commercial applications of microalgae. *Biosci. Bioeng.* 2018. Vol. 101, № 2. P. 87 – 96. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.87>
5. Aminina N.M., Koneva A.V., Yakush E.V., Bocharov L.N., Materials of the XX International Scientific Conference Health of the Nation - XXI Century, 39. 2016. P. 43 – 51. [http://repo.dma.dp.ua/3684/1/ADVANCES\\_OF\\_SCIENCE\\_010618-p.115-122.pdf](http://repo.dma.dp.ua/3684/1/ADVANCES_OF_SCIENCE_010618-p.115-122.pdf)
6. ТОВ "Хлорелла Україна": веб-сайт. URL: <https://hlorella.jimdofree.com/> (дата звернення: 08.04.2021).
7. Зелений мід з водорослями зробили в Україні: веб-сайт. URL: <https://crispy.news/2020/10/29/business/zeljonyj-mjod-s-vodorosljami-sdelali-v-ukraine/> (дата звернення: 09.04.2021).
8. Бочкарева З.А., Волшенкова Е.С.. Совершенствование технологии мучных кулинарных изделий с использованием концентрата хлореллы. *Техника и технология пищевых производств*. 2020. Т. 50, №2. С. 212 – 221/ <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-muchnyh-kulinarnyh-izdeliy-s-ispolzovaniem-konsentrata-hlorelly>
9. Huss, V.A.R. Volker A. R. Gus, Carol Frank, Elke K. Hartmann, Monika Hirmer, Annette Klobuczek, Barbara M. Seidel, Petra Wenzeler, Erich Kessler Biochemical taxonomy and molecular phylogeny of the genus *Chlorella sensu lato* (Chlorophyta). *J. Phycol.* 1999. Vol. 35, pp. 587 – 598 <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3530587.x>
10. Safi C., Zebib B. Mera O. Pontagliel P. Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: a review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014. Vol. 35, P. 265 – 278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.007>
11. Kent M., Welladsen H. M., Mangott A. Nutritional evaluation of Australian microalgae as potential human

- health supplements. *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10, № 2. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118985>
12. Ильичик, И.А., Никандров В.Н. Рост культуры хлореллы (*Chlorella Vulgaris*) и накопление белка при добавлении  $MnCl_2$  в питательную среду. *Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук*. 2018. № 1. С. 53 – 64. <https://cyberleninka.ru/article/n/rost-kultury-hlorelly-chlorella-vulgaris-i-nakoplenie-belka-pri-dobavlenii-mncl2-v-pitatelnuyu-sredu>
  13. Peshuk L.V., Bakhmach V.O., Simonova I. Quality management in the technology of mayonnaise sauses with non-traditional raw materials. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2022. Vol. 30(2), P. 253-264. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i2>

#### References (transliterated)

1. Carl Safi, Bachar Zebib, Othmane Merah, Pierre-Yves Pontalier, Carlos VacaGarcia. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*. *Renewable and Sustainable Energy*. 2017. № 35. pp 265–278. [https://libkey.io/10.1016/j.rser.2014.04.007?utm\\_source=ideas](https://libkey.io/10.1016/j.rser.2014.04.007?utm_source=ideas) DOI: 10.1016/j.rser.2014.04.007
2. Peshuk L.V., Simonova I. The trend of modernity is health-improving products with microalgae. *Scientific bulletin LNUVMB im. S.Z. Gzhitsky*. 2022. Vol. 24. No. 24 (97). pp. 33–38.
3. Gigova L., Marinova G. Significance of microalgae - grounds and areas. *Genetics & Plant Physiology*. 2016. Vol. 6(1–2). pp. 26–31. [http://www.bio21.bas.bg/ippg/bg/wp-content/uploads/2016/07/GPP\\_6\\_1-2\\_2016\\_85-100.pdf](http://www.bio21.bas.bg/ippg/bg/wp-content/uploads/2016/07/GPP_6_1-2_2016_85-100.pdf)
4. Spolaore, P. Commercial applications of microalgae. *Biosci. Bioeng.* 2018. Vol. 101, № 2. pp. 87–96. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.87>
5. Aminina N.M., Koneva A.V., Yakush E.V., Bocharov L.N., Materials of the XX International Scientific Conference Health of the Nation - XXI Century, 39. 2016. P. 43 – 51. [http://repo.dma.dp.ua/3684/1/ADVANCES\\_OF\\_SCIENCE\\_010618-p.115-122.pdf](http://repo.dma.dp.ua/3684/1/ADVANCES_OF_SCIENCE_010618-p.115-122.pdf)
6. TOV "Chlorella Ukraine": website. URL: <https://hlorella.jimdofree.com/> (date of entry: 04/08/2021).
7. Green honey with algae made in Ukraine: website. URL: <https://crispy.news/2020/10/29/business/zeljonyj-mjod-s-vodorosljami-sdelali-v-ukraine/> (date of entry: 04/09/2021).
8. Bochkareva Z.A., Volshenkova E.S. Improving the technology of flour culinary products using chlorella concentrate. *Technique and technology of food production*. 2020. Vol. 50, № 2. P. 212–221. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-muchnyh-kulinarnyh-izdeliy-s-ispolzovaniem-konsentrata-hlorelly>
9. Huss, V.A.R. Volker A. R. Gus, Carol Frank, Elke K. Hartmann, Monika Hirmer, Annette Klobuczek, Barbara M. Seidel, Petra Wenzeler, Erich Kessler Biochemical taxonomy and molecular phylogeny of the genus *Chlorella sensu lato* (Chlorophyta). *J. Phycol.* 1999. Vol. 35, P. 587 – 598 <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3530587.x>
10. Safi C., Zebib B. Mera O. Pontagliel P. Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: a review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2014. Vol. 35, P. 265 – 278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.007>
11. Kent M., Welladsen H. M., Mangott A. Nutritional evaluation of Australian microalgae as potential human health supplements. *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10, № 2. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118985>

12. Piyuchik, I.A., Nikandrov V.N. Chlorella (Chlorella Vulgaris) culture growth and protein accumulation upon addition of  $MnCl_2$  to the nutrient medium. Bulletin of the Polessky State University. Series of natural sciences. 2018. № 1. P. 53–64. <https://cyberleninka.ru/article/n/rost-kultury-hlorelly-chlorella-vulgaris-i-nakoplenie-belka-pri-dobavlenii-mncl2-v-pitatelnuyu-sredu>
13. Peshuk L.V., Bakhmach V.O., Simonova I. Quality management in the technology of mayonnaise sauses with non-traditional raw materials. Journal of Chemistry and Technologies. 2022. Vol. 30(2), P. 253–264. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v30i2.258185>

Надійшла (received) 16.07.2022

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Бахмач Володимир Олександрович (Бахмач Владимир Александрович, Bakhmach Vladimir Alexandrovich)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5157-9150> e-mail: f456f@ukr.net

**Пешук Людмила Василівна (Пешук Людмила Васильевна, Peshuk Lyudmila Vasilievna)** – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені О. Гончара, м. Дніпро, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0967-8892>; e-mail: scorpion17lv@ukr.net.

**Чернушенко Олена Олександрівна (Чернушенко Елена Александровна, Chernushenko Elena Alexandrovna)** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені О. Гончара, м. Дніпро, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6386-7646>; e-mail: Linechern@gmail.com

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

**Петренко Світлана Олександрівна (Петренко Светлана Александровна, Petrenko Svetlana Alexandrovna)** – канд. сільськогосподарських наук, доцент Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна.

#### **В. А. БАХМАЧ, Л. В. ПЕШУК, Е. А. ЧЕРНУШЕНКО, А. М. САВЧЕНКО, С. А. ПЕТРЕНКО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КОМПОНЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОДУКТОВ**

*Chlorella vulgaris* обладает высокой биологической ценностью. Благодаря своему уникальному составу она стала одним из самых популярных суперфудов среди спортсменов, вегетарианцев и поклонников здорового образа жизни. *Chlorella* содержит высокоантиоксидантные компоненты, большое количество аминокислот, высококачественные белки, Fe и Ca, ненасыщенные жирные кислоты и многие типы витаминов, включая A, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>12</sub>, E и K. Использование *Chlorella vulgaris* в различных отраслях пищевой промышленности позволит обогатить продукты витаминами, минеральными веществами, а также повысить их биологическую ценность. Разработан технологический процесс производства эмульсионных соусов с использованием водоросли *Chlorella vulgaris*, которая дает возможность получения продукта с радиопротекторными свойствами, который необходим для людей, проживающих в условиях неблагоприятной экологии. Описаны эмульсионные продукты оздоровительного направления соус «Салатный» и майонезные соусы с использованием микроводоросли *Chlorella vulgaris*. Опытные образцы обладают органолептическими показателями, характерными для данного типа продукции. Приведены физико-химические характеристики разработанных майонезных соусов. Получены кривые реологические течения образцов майонезных соусов, которые свидетельствуют о высоких вязких свойствах образцов. Анализ полученных значений изменения устойчивости и разработанных низкокалорийных майонезов свидетельствует, что при хранении значение уменьшается, однако не достигает критических, что и установленные НТД.

**Ключевые слова:** пищевые добавки, эмульсионные продукты, безопасность сырья, экспертиза пищевых продуктов, контроль качества, продукты функционального назначения, продукты оздоровительного направления.

#### **В. О. БАХМАЧ, Л. В. ПЕШУК, О. О. ЧЕРНУШЕНКО, А. М. САВЧЕНКО, С. О. ПЕТРЕНКО ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА КОМПОНЕНТІВ У ВИРОБНИЦТВІ ЕМУЛЬСІЙНИХ ПРОДУКТІВ**

*Chlorella vulgaris* має високу біологічну цінність. Завдяки своєму унікальному складу вона стала одним із найпопулярніших суперфудів серед спортсменів, вегетаріанців та прихильників здорового способу життя. *Chlorella vulgaris* містить високоантиоксидантні компоненти, велику кількість амінокислот, високоякісні білки, Fe та Ca, ненасичені жирні кислоти та багато типів вітамінів, включаючи A, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>12</sub>, E та K. Використання *Chlorella vulgaris* в різних галузях харчової промисловості дозволить збагатити продукти вітамінами, мінеральними речовинами, а також підвищити їхню біологічну цінність. Розроблено технологічний процес виробництва емульсійних соусів із використанням водорості *Chlorella vulgaris*, яка надає можливість отримання продукту з радіопротекторними властивостями, який є необхідним для людей, що проживають в умовах несприятливої екології. Описано емульсійні продукти оздоровчого спрямування соус «Салатний», та майонезні соуси, з використанням микроводорослі *Chlorella vulgaris*. Дослідні зразки мають органолептичні показники, характерні для даного типу продукції. Наведені фізико-хімічні показники розроблених майонезних соусів. Отримані реологічні криві течіння зразків майонезних соусів, які свідчать про високі в'язкісні властивості зразків. Аналіз отриманих значень зміни стійкості розроблених низькокалорійних майонезів свідчить, що при зберіганні значення зменшується, проте не досягає критичних, що встановлені НТД.

**Ключові слова:** харчові добавки, емульсійні продукти, безпека рослинної сировини, експертиза харчових продуктів, контроль якості харчових продуктів, продукти функціонального призначення, продукти оздоровчого спрямування.

**В. Р. НИКУЛЬШИН, А. Є ДЕНИСОВА, С. І. МЕЛЬНИК, В. В. ВИСОЧИН, С. І. БУХКАЛО,  
А. М. АНДРЮЩЕНКО**

### МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ОКРЕМИХ СТУПЕНІВ ВИПАРКИ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Для відділення випарки типового цукрового заводу був розроблений метод термoeкономiчної оптимiзацiї окремих її ступенiв. Оскiльки основна частина втрат ексергiї обумовлена теплообмiном при кiнцевiй рiзницi температур, тому в якостi незалежної змiнної при термoeкономiчній оптимiзацiї була обрана величина температурного напору в кожному iз ступенiв з вiдповiдним пошуком своїх мiнiмальних термoeкономiчних витрат. Iснування для кожного ступеня локального мiнiмуму зумовлено тим, що зi зростанням температурного напору збiльшується величина енергетичних витрат (тому що збiльшуються втрати ексергiї) i зменшується величина капiтальних i зв'язаних з ними витрат (тому що зменшується поверхня теплообмiну ступеня), а, отже, їх сума буде мати мiнiмум. Пошук цього мiнiмуму в силу унiмодальностi функцiї термoeкономiчних витрат проводився для кожного iз ступенiв методом Гауса-Зейделя - шляхом послiдовного порiвняння витрат, отриманих на даному кроцi iтерацiї з попереднiми i, якщо знайдене значення менше, то переходять до наступної iтерацiї. Розрахунок закинчується в тому випадку, якщо знайдене значення стає бiльше, нiж значення, що отримане на попередньому кроцi, яке i буде оптимальним. Потiм розраховуються сумарнi термoeкономiчнi витрати, у ступенi. В якостi прикладу застосування розробленого методу були знайденi оптимальнi температурнi напори i локальнi оптимуми рiчних термoeкономiчних витрат для першого ступеня. Знайдене значення температурного напору перевищує вiдповiдне у iснуючiй системi випарки на 2,6 градуса i пiдтримання такого збiльшеного температурного напору у першому ступенi дозволяє зменшити рiчнi витрати в цьому ступенi на 3800 USD. Слiд зазначити, що знайденi значення температурного напору в силу жорсткої прив'язки до технологiчного ланцюжка кожного ступеня вимагають взаємного узгодження, тому що потоки, якi виходять з попереднiх ступенiв, одночасно входять в наступнi, а, отже, температурний рiвень процесiв в ступенях повинен узгоджено змiнюватися, змiнюючи тим самим величину термoeкономiчних витрат. Крiм того, слiд враховувати, що змiна параметрiв потокiв всерединi енерготехнологiчної системи вiддiлення випарки викликає також змiну параметрiв потокiв, якi покидають це вiддiлення.

**Ключові слова:** багатоступеневі системи, виробництво цукру, термoeкономiка, оптимiзацiя та обчислення.

#### Вступ.

Виробництво цукру в Україні з рiзновидiв сировини, наприклад, з буряка, є досить енергоємним процесом, а економiчностi його виробництва насамперед визначається: витратами енергоносiїв i їхньою вартiстю; високий ступiнь енергозбереження, наприклад, використання вторинного тепла багато в чому визначають рентабельностi виробництва цукру. Послiдовне чергування нагрiвання i охолодження на всiх етапах виробництва, передбачає широке використання теплообмiнникiв, за оптимальними параметрами технологiчної схеми дозволяє збiльшити продуктивностi i ефективностi рiзновидiв процесiв. Енергоспоживання у цукровому виробництвi, в основному, пов'язують з витратами теплоти на проведення технологiчних процесiв: випаровування води з соку, уварювання утфелю, нагрiв стружки для проведення дифузiйного процесу, багаторазового нагрiвання сокiв в процесi очищення, а також на компенсацiю втрат теплоти.

При цьому питомi енергетичнi витрати на одиницю продукцiї можуть досягати 1500 кДж/кг.

Тому питанням енергозбереження в процесах отримання цукру присвяченi численнi публiкацiї, наприклад вищезначенi [01, с. 390, 750].

Коротко проаналiзуємо найцiкавiшi з них.

**Постановка проблеми у загальному виглядi та її зв'язок iз важливими науковими та практичними завданнями.**

Як вiдомо з лiтературних джерел, в Україні сахарозу виробляють з цукрових бурякiв з урахуванням вимог стандарту ДСТУ 4623 : 2006 «Цукор бiлий. Технiчнi умови» [02].

Цукор, що мiститься в буряку, добувають екстракцiєю (дифузiєю). Швидкiсть масопередачi прямо пропорцiйна поверхнi контакту фаз i зворотно пропорцiйна шляху (у даному випадку товщинi стружки). Дифузiя сахарози з бурячної тканини може бути описана першим законом Фiка, вiдповiдно до якого кiлькiсть витягнутої речовини ( $d$ ) – пропорцiйна рiзницi концентрацiй у дотичних рiдинах ( $C - c$ ), часу  $\tau$ , площi пласту  $F$  i зворотно пропорцiйна товщинi шару ( $x$ ), тобто довжинi шляху дифузiї часток. Отже:  $d = D \cdot F \cdot \frac{C - c}{x} \tau$ , де  $\frac{C - c}{x}$  – градиент концентрацiї,  $D$  – приведений коефiцiєнт дифузiї.

Сучаснi заводи, що виробляють цукор, являють собою великi пiдприємства, що переробляють у добу тисячi тон буряка (рис. 1). Технологiчний процес безпосереднього одержання цукру з буряка можна подiлити на етапи: одержання дифузiйного соку, або дифузiя; очищення дифузiйного соку, або просто очищення соку; випарювання соку й кристалiзацiя цукру з випареного соку. Вони добре механiзованi, значна частина операцiй автоматизована. Видалення води iз соку проводять зазвичай вiдповiдно до НТД в два етапи. Спочатку в багатокорпусних випарних апаратах упарюють до вiстму сухих речовин у сиропi 65 %. При цьому сахароза ще не кристалiзується. Густиий сироп змiшують iз клеровкою (розчином) жовтого цукру, додають 0,1–0,15 % кiзельгуру i направляють на сульфiтацiю (рН=7,5).

© Нікульшин В.Р., Денисова А.С., Мельнік С.І., Бухкало С.І., Андрющенко А.М. 2022

При згущенні соку проходять процеси, що призводять до зміни його хімічного складу: розкладання сахарози і редукуючих сахарів з утворенням органічних кислот; це, в свою чергу, знижує рН соку, підвищує кольоровість сиропу за рахунок протікання процесів карамелізації сахарози.

При цьому відзначають процеси утворення темнозбарвлених продуктів взаємодії з аміносполуками, а також підвищується концентрація солей кальцію, які частково випадають у осад. Сік підігрівають, фільтрують, і після цього додаткового

очищення направляють на випарку у вакуум-апарати, де вміст сухих речовин у сиропі підвищується до 92 – 93 %. При такій концентрації починається кристалотворення. Для його прискорення у вакуум-апарат удмухують невелику кількість цукрової пудри, після чого швидко утворюються центри кристалізації.

Приклад схеми випарної станції цукрового заводу (рис. 2) має складові: сік перед подачею в перший корпус підігрівається в декількох парових пластинчастих підігрівниках

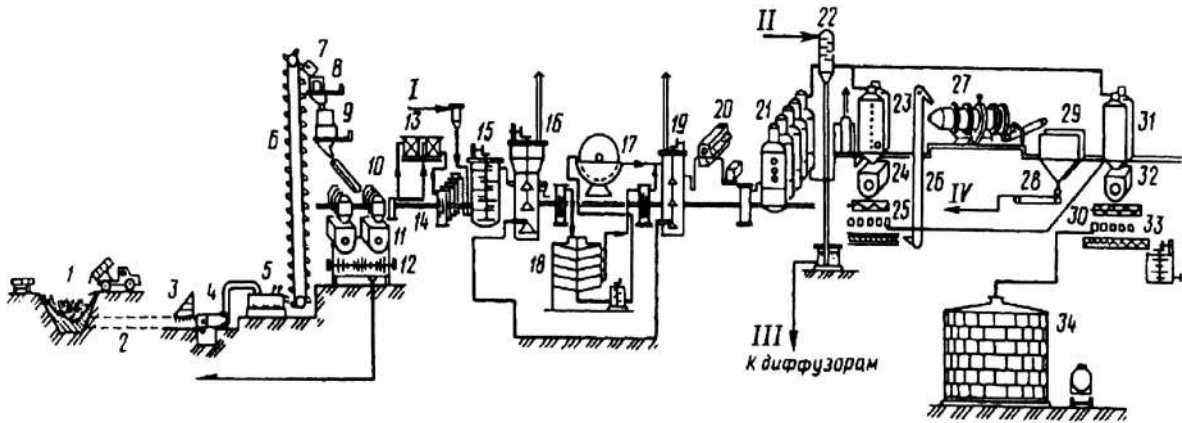


Рис. 1. Технологічна схема за процесами переробки цукрового буряка:

- 1 – бурячна; 2 – гідравлічний транспортер; 3 – соломоуловлювач; 4 – відцентровий насос; 5 – бурякомийна машина; 6 – елеватор;
- 7 – магнітний уловлювач; 8 – автоматичні ваги; 9 – бурякорізна машина; 10 – дифузійна батарея; 11 – жолоб подачі гніта;
- 12 – мішалка знецукреної стружки з водою; 13 – резервуари сирого соку; 14 – рішoferи; 15 – дефекатор; 16, 19 – сатуратори;
- 17 – вакуум-фільтр; 18 – відстійник соку; 20 – фільтр-прес; 21 – випарні апарати; 22 – барометричний конденсатор; 23 – вакуум-апарати;
- 24 – мішалки; 25 – центрифуги; 26 – елеватор білого цукру; 27 – сушильний барабан; 28 – транспортер подачі цукру в склад;
- 29 – бункера; 30 – автомат зашивання мішків; 31 – вакуум-апарати другого продукту; 32 – мішалки другого продукту; 33 – центрифуги другого продукту; 34 – резервуар пакоти; I – вапняне молоко; II, III – вода; IV – цукор

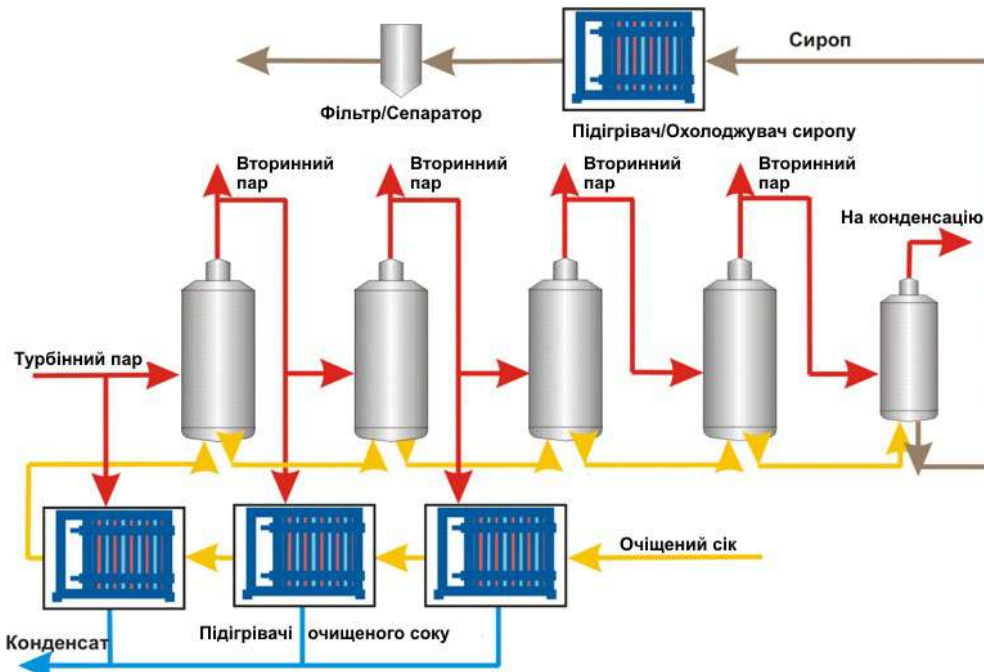


Рис. 2. Приклад схеми випарної станції цукрового заводу, у якій сік перед подачею в перший корпус підігрівається в декількох парових пластинчастих підігрівниках [01, 725].



Для заданих технічних умов дослідники з високою ефективністю використовують, наприклад, звичайні пластинчасті теплообмінні парові апарати. При цьому реалізується основна перевага пластинчастих теплообмінних апаратів, що дозволяє нагріти очищений цукровий сік до температури, на  $2^\circ\text{C}$  ближча до температури пари, що неможливо при використанні теплообмінників інших типів. У якості пари для нагрівання, використовують вторинну пару з першого і другого ступенів, а також ретурну (турбінну) пару, якщо це передбачено технічними умовами. Поділ процесу згущення соку випарюванням на два етапи обумовлений тим, що на першому етапі в'язкість соку ще невелика і можна проводити згущення його в багатокорпусних випарних установках, оснащених розвиненою теплообмінною поверхнею.

#### Аналіз стану питання.

Значна частина публікацій присвячена дослідженню систем виробництва цукру з точки зору Першого закону термодинаміки, а саме на підставі енергетичного балансу.

Такий підхід використовувався, наприклад, в монографії по технологічним аспектам переробки цукру [1, с. 27], в підручнику [2, с. 45].

На енергетичних балансах базуються також роботи по: підвищення енергоефективності та розробки енергозберігаючих технічних рішень виробництва цукру [3, с. 25], оцінці ефективності обладнання, дослідження процесів екстракції в цукровому виробництві [4, с. 750], передпроектної оцінки цукрового заводу [5, с. 166].

Разом з тим, для виявлення незворотності що протікають в системі процесів необхідно залучення не тільки Першого, а й Другого закону термодинаміки, а, отже, використання ексергетичного методу з подальшим виходом на термoeкономічний аналіз.

З найбільш цікавих робіт можна відзначити застосування ексергетичного підходу для: вдосконалення когенераційних систем в цукровій промисловості, дослідження ефективності та впливу на навколишнє середовище системи з виробництва цукру та етанолу [6, с. 597], оптимізації цукрового заводу [7, с. 409], [8, с. 645].

Термoeкономічний аналіз використовувався для дослідження систем випарювання в цукровій промисловості і вдосконалення процесу виробництва цукру на діючих підприємствах, оптимізації спільного вироблення цукру, етанолу та електрики [9, с. 515].

#### Мета роботи.

Розробка методу оптимізації окремих ступенів випарки цукрового виробництва та його застосування для знаходження оптимальних характеристик першого ступеня.

#### Метод оптимізації температурних напорів у ступенях випарки.

В енерготехнологічній системі виробництва цукру в цілому найбільші втрати ексергії (майже

72 %) припадають на варіння утфелей тому саме цим процесам приділяється найбільша увага [1, с. 57, 2, с. 1, 10, с. 32].

Для відділення випарки типового цукрового заводу [1, с. 41] був розроблений метод термoeкономічної оптимізації [10, с. 31] (за величиною температурного напору в окремих ступенях).

Задача локальної оптимізації зводиться до мінімізації річних термoeкономічних витрат на систему випарки в цілому:

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma}^{opt*} &= \min \sum_{i=1}^m Z_i = \min(Z_{e\Sigma} + Z_{k\Sigma}) = \\ &= \min\left(\sum_{i=1}^m Z_{ei} + \sum_{i=1}^m Z_{ki}\right) \end{aligned} \quad (1)$$

де  $Z_{ei}$  – вартісне вираження річних енергетичних витрат, що розраховуються за відповідними втратами ексергії в  $i$ -тому (блоці, ступені) елементі  $Z_{ei} = C_e \Pi_i \tau_y$ , де  $C_e$  – ціна палива, перерахована на один кДж його ексергії;  $\Pi_i$  – втрати ексергії в  $i$ -тому елементі,  $\tau_y$  – час роботи системи за рік;  $Z_{ki} = \varphi_y K_i$  – річні капітальні і пов'язані з ними витрати;  $K_i$  – капітальні вкладення в  $i$ -тий елемент при здачі об'єкта в експлуатацію «під ключ»;  $\varphi_y$  – узагальнений річний коефіцієнт окупності капітальних вкладень.

У подальших розрахунках прийнято:  $\tau_y = 3000$  годин на рік, ексергія палива (природний газ з теплою згоряння  $36522 \text{ МДж/м}^3$ ), ціна природного газу  $0,354 \text{ USD/м}^3$ . При цих умовах  $C_e = 9,69 \cdot 10^{-6} \text{ USD/кДж}$ .  $K_i$  (в USD) розраховувалися за емпіричною формулою [2]

$$K_i = K_1 + \psi A_{si}^{0,87}, \quad (2)$$

де  $K_1 = 15000 \text{ USD}$  – вартість монтажу та наладки кожного із ступенів випарки;  $\psi = 400 \text{ USD}$  – коефіцієнт вартості теплообмінної поверхні  $A, \text{ м}^2$ , об'єднаний річний коефіцієнт окупності капітальних вкладень для випарних апаратів  $\varphi_y = 0,1908$ .

Основна частина втрат ексергії обумовлена теплообміном при кінцевій різниці температур, тому в якості незалежної змінної при термoeкономічній оптимізації була обрана величина температурного напору в кожному із ступенів  $\Delta T_i = T_{hi} - T_{ci}$ , де  $T_{hi}$  – температура гріючої (яка конденсується) пари;  $T_{ci}$  – температура технологічного (киплячого) розчину, що гріється  $i = 1, 2, \dots, m$ , де  $m$  – число ступенів.

При цьому кожен із ступенів характеризується своїм мінімальним значенням термoeкономічних (ТЕВ)  $Z_i^{opt}$ , що відповідають значенням  $\Delta T_i^{opt}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Існування для кожного ступеня свого локального мінімуму  $Z_i^{opt}$  пояснюється тим, що зі зростанням  $\Delta T_i$  збільшується величина  $Z_{ei}$ , тому що збільшуються втрати ексергії, і зменшується величина  $Z_{ki}$ , оскільки зменшується поверхня теплообміну ступеня, а, отже, їх сума  $Z_i$  (1) буде мати мінімум (рис.1).

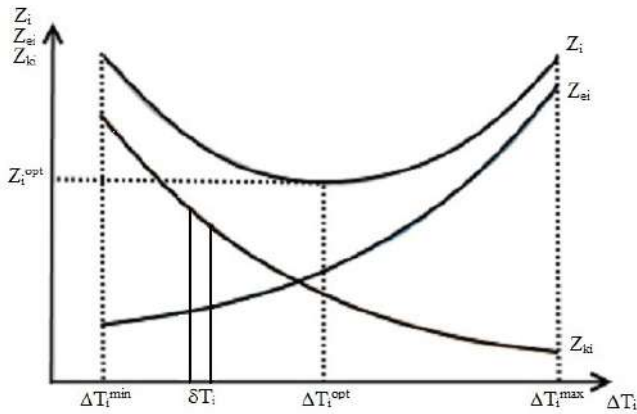


Рис. 1. Залежність ТЕВ в і-тому ступені від величини температурного напору в цьому ступені

Пошук оптимального значення методом Гауса-Зейделя в силу унімодальності функції  $Z_i(\Delta T_i)$  проводиться для кожного із ступенів  $i = 1, 2, \dots, m$  шляхом послідовного порівняння  $Z_i$ , отриманого на даному кроці ітерації, з попереднім, і, якщо знайдене значення менше, то переходять до наступної ітерації.

Розрахунок закінчується в тому випадку, якщо знайдене значення  $Z_i$  стає більше, ніж значення  $Z_{i-1}$ , що отримане на попередньому кроці, яке і буде оптимальним. Потім розраховуються сумарні ТЕ витрати по (1).

Відповідно, задається інтервал зміни величин температурних напорів  $\Delta T_i^{min} \leq \Delta T \leq \Delta T_i^{max}$  і крок зміни цього напору  $\delta T_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Для зручності розрахунків можна прийняти  $\Delta T_i^{min} = \Delta T^{min}$ ,  $\Delta T_i^{max} = \Delta T^{max}$ ,  $\delta T_i = \delta T$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , тобто як інтервал, так і крок зміни температурного напору для всіх ступенів можуть прийматися однаковими. Значення  $Z_i^{opt}$  потім корегується шляхом пошуку з більш дрібним кроком  $\delta T_i'$  (рис. 2) поблизу точки  $\Delta T_i^{opt}$ .

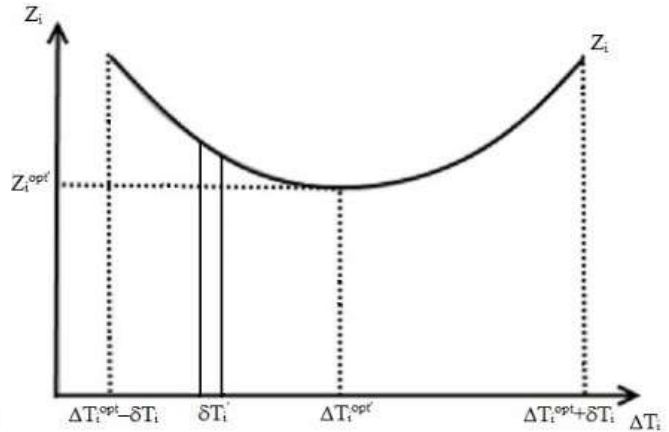


Рис. 2. Уточнене значення оптимального температурного напору в і-той ступені і відповідна йому величина мінімальних ТЕВ.

**Розрахунок оптимальних характеристик для першого ступеня випарки.**

У розрахунках, виходячи з технологічних обмежень, прийняті: граничні значення температурних напорів  $\Delta T_i^{min} = \Delta T^{min} = 4 K$ ,  $\Delta T_i^{max} = \Delta T^{max} = 20 K$  «великий» крок зміни температурного напору  $\delta T_i = \delta T = 2 K$ ; «дрібний» крок зміни температурного напору  $\delta T_i' = \delta T' = 0,1 K$ .

Отримані значення оптимальних температурних напорів і локальних оптимумів річних термоекономічних витрат для першого ступеня випарки, наведені в табл.1, відкореговані – в табл. 2.

Таблиця 1. Значення температурного напору та річних ТЕВ в першому ступені (оптимальні величини виділені)

Температурний напір, $\Delta T_1$ , К	Температура гріючої пари, $T_{h1}$ , К	Поверхня теплообміну, $A_{s1}$ , м <sup>2</sup>	Втрати ексергії, $\Pi_1$ , Вт	Вартісне вираження річних ексергетичних витрат, $Z_{e1}$ , USD/year	Річні капітальні та зв'язані з ними витрати, $Z_{k1}$ , USD/year	Річні термоекономічні витрати, $Z_1$ , USD/year
4	403	4221	221555	23192	111710	134903
6	405	2814	330692	34617	79355	113973
<b>8</b>	<b>407</b>	<b>2110</b>	<b>438756</b>	<b>45929</b>	<b>62418</b>	<b>108348</b>
10	409	1688	545764	57131	51909	109041
12	411	1407	651730	68224	44715	112939
14	413	1206	756669	79209	39462	118672
16	415	1055	860597	90089	35448	125537
18	417	938	963528	100864	32274	133138
20	419	844	1065477	111536	29698	141234

Таблиця 2. Уточнені значення температурного напору та річних ТЕВ в першому ступені (оптимальні величини виділені)

Температурний напір, $\Delta T_1$ , К	Температура гріючої пари, $T_{h1}$ , К	Поверхня теплообміну, $A_{s1}$ , м <sup>2</sup>	Втрати ексергії, $P_1$ , Вт	Вартісне вираження річних ексергетичних витрат, $Z_{e1}$ , USD/year	Річні капітальні та зв'язані з ними витрати, $Z_{k1}$ , USD/year	Річні ТЕВ, $Z_1$ , USD/year
7,9	406,9	2137	433378	63 073	45 367	108 440
8,0	407,0	2110	438756	62 418	45 929	108 348
8,1	407,1	2084	444132	61 778	46 492	108 270
8,2	407,2	2059	449504	61 152	47 055	108 207
8,3	407,3	2034	454874	60 541	47 617	108 158
8,4	407,4	2010	460242	59 943	48 179	108 122
8,5	407,5	1986	465607	59 358	48 740	108 099
<b>8,6</b>	<b>407,6</b>	<b>1963</b>	<b>470969</b>	<b>58 786</b>	<b>49 302</b>	<b>108 088</b>
8,7	407,7	1941	476328	58 226	49 863	108 090
8,8	407,8	1919	481685	57 679	50 423	108 103
8,9	407,9	1897	487039	57 142	50 984	108 127
9,0	408,0	1876	492391	56 617	51 544	108 162
9,1	408,1	1855	497740	56 103	52 104	108 208
9,2	408,2	1835	503087	55 599	52 664	108 263
9,3	408,3	1815	508430	55 105	53 223	108 329
9,4	408,4	1796	513771	54 622	53 782	108 404
9,5	408,5	1777	519110	54 147	54 341	108 489
9,6	408,6	1759	524446	53 682	54 900	108 582
9,7	408,7	1740	529779	53 226	55 458	108 685
9,8	408,8	1723	535110	52 779	56 016	108 795
9,9	408,9	1705	540438	52 340	56 574	108 914
10,0	409,0	1688	545764	51 909	57 131	109 041

У програмній реалізації саме ці відкориговані значення використовуються в якості  $Z_i^{opt}$ . Знайдене значення температурного напору перевищує відповідне у існуючій системі випарки на 2,6 °С.

Підтримання такого збільшеного температурного напору у першому ступені дозволить зменшити річні витрати в цьому ступені на 3800 USD. Слід зазначити, що знайдені значення  $\Delta T_i^{opt}$  в силу жорсткої прив'язки до технологічного ланцюжка кожного ступеня вимагають взаємного узгодження, тому що потоки, які виходять з попередніх ступенів, одночасно входять в наступні, а, отже, температурний рівень процесів в ступенях повинен узгоджено змінюватися, змінюючи тим самим величину термoeкономічних витрат.

Крім того, зміна параметрів потоків всередині енерготехнологічної системи відділення випарки

викличе також зміну параметрів потоків, які покидають це відділення [13 – 17].

#### Висновки та перспективи подальшого розвитку.

1. Розроблений метод оптимізації окремих ступенів випарки цукрового виробництва, який можна застосовувати для навчання студентів.

2. В якості цільової функції обрані термoeкономічні витрати, які відповідають вимогам як Першого, так і Другого законів термодинаміки.

3. Знаходження локального оптимума для кожного з ступенів здійснювалось методом Гауса-Зейделя зі змінним кроком зростання температурного напору поблизу точки оптимума.

4. Знайдений оптимум температурного напору у першому ступені (а також і у інших ступенях) є локальним і потребує корегування при оптимізації системи випарювання в цілому.

#### Список літератури

- Товажнянский Л.Л., Бухкало С.И., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. Підручник. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
- ДСТУ 4623:2006 «Цукор білий. Технічні умови». К.: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ 2007. 14 с.
- Штангеев К.О. Випарні установки та теплові схеми цукрових заводів. Київ: ЮНІДО. 2015. 66 с.
- Славянский А.А. Промышленное производство сахара: Учебное пособие. М.: МГУТУ имени К.Г. Разумовского. 2015. 255 с.
- Филоненко В.Н., Цыганков Д.Н., Швецов А.А. Рациональная последовательность энергосберегающих технических решений для сахарного завода. *Saxar*. 2016. № 9. с. 24–31.
- Schulze T. A look at technological and technical tower extraction trends SUGAR INDUSTRY. *Zuckerindustrie*. 2015. vol. 140. no. 12. p. 748–752.

7. Yousif Karm and Ahmed Rahamatalla. 2014. Previous Study of Elgunied Sugar Factory. R. Deshmukh, A. Jacobson, D. Kammer, Thermal gasification or direct combustion? Comparison of advanced cogeneration systems in the sugarcane industry. Biomass Bioenerg. 2013. vol. 55. p. 163–174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.01.033>.
8. R. Palacois-Bereche, A. Ensinas, M. Modesto, S.A. Nebra. New alternatives for the fermentation process in the ethanol production from sugarcane: extractive and low temperature fermentation. Energy. 2014. vol. 70. p. 595–604. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.032>.
9. T. Taner, M. Sivrioglu. Data on energy, exergy analysis and optimization for a sugar factory. Data in Brief. 2015. no. 5. p. 408–410. Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/dib](http://www.elsevier.com/locate/dib).
10. Tolga Taner, Mecit Sivrioglu. Energy exergy analysis and optimisation of a model sugar factory in Turkey. Energy. 2015. vol. 93. p. 641–654.
11. R. Palacios-Bereche, A. Ensinas, M. Modesto, S.A. Nebra. Doble-effect distillation and thermal integration applied to the ethanol production process. Energy. 2015. vol. 82. p. 512–523. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.062>
12. Мельник С.И., Никольшин В.Р., Денисова А.Е. Потенциалы энергосбережения в энерготехнологических системах производства сахара. Праці VII Міжн. конф. Муніципальна енергетика: Проблеми, рішення. Миколаїв. 21-22.12.2017. С. 31-33.
13. Бухкало С.И., Гардер С.Е., Химич О.Ю. и др. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов. Вісник НТУ «ХПІ». 2012, № 10, с. 74–78.
14. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХПІ». 2015. № 7 (1116), с. 103–108
15. Бухкало С.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник з грифом МОН / С.І. Бухкало – К.: ЦНЛ., 2019. – 108 с.
16. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М. та ін. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей ХХVII міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХПІ». 342 с.
5. Filonenko V.N., Cygankov D.N., Shvecov A.A. Racional'naja posledovatel'nost' jenergosberegajushih tehniceskikh reshenij dlja saharного zavoda [A rational sequence of energy-saving technical solutions for the sugar factory]. Sahar. 2016. no. 9, pp. 24–31.
6. Schulze T. A look at technological and technical tower extraction trends SUGAR INDUSTRY. Zuckerindustrie. 2015. vol. 140. no. 12, pp. 748–752.
7. Yousif Karm and Ahmed Rahamatalla. 2014. Previous Study of Elgunied Sugar Factory. R. Deshmukh, A. Jacobson, D. Kammer, Thermal gasification or direct combustion? Comparison of advanced cogeneration systems in the sugarcane industry. Biomass Bioenerg. 2013. vol. 55, pp. 163–174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.01.033>
8. R. Palacois-Bereche, A. Ensinas, M. Modesto, S.A. Nebra. New alternatives for the fermentation process in the ethanol production from sugarcane: extractive and low temperature fermentation. Energy. 2014. vol. 70, pp. 595–604. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.032>.
9. T. Taner, M. Sivrioglu, Data on energy, exergy analysis and optimization for a sugar factory. Data in Brief. 2015. no. 5, pp. 408–410. Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/dib](http://www.elsevier.com/locate/dib)
10. Tolga Taner, Mecit Sivrioglu. Energy exergy analysis and optimisation of a model sugar factory in Turkey. Energy. 2015. vol. 93. p. 641–654.
11. R. Palacios-Bereche, A. Ensinas, M. Modesto, S.A. Nebra. Doble-effect distillation and thermal integration applied to the ethanol production process. Energy. 2015. vol. 82, pp. 512–523. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.062>.
12. Mel'nik S.I., Nikul'shin V.R., Denisova A.E. Potencialy jenergosberezhenija v jenergotehnologicheskikh sistemah proizvodstva sahara. [Potential of energy saving in energy technology systems of sugar production]. Praci VII Mizhnarod. konf. "Municipal'na energetyka: Problemy, rishennja". [Municipal Energy: Problems, Solutions. Abstracts of the VII Int.Conf. 21-22 December 2017, Mikolaev]. Mykolai'v. 21-22 grudnja 2017, pp. 31–33.
13. Bukhkalov S.I., Garder S.E., Himich O.Ju. i dr. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predpriyatij po pererabotke othodov. Visnik NTU «KhPI». Kh., 2012, No. 10, pp. 74–78.
14. Bukhkalov S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. Visnik NTU «KhPI». 2015. No. 7 (1116), pp. 103–108.
15. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovih virobniectv u prikladah i zadachah (priklyadi ta testi z tehnologii krohmalu). 2-ge vid. dop.: ch. 2, [tekst] pidruchnik z grifom MON / S.I. Bukhkalov – K.: CNL., 2019. – 108 p.
16. Sirku M.A., Bukhkalov S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M. ta in. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVII mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2019, 15-17 travnja 2019r. Ch. II / za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI», p. 342.

#### References (transliterated)

1. Tovazhnjanskij L.L., Bukhkalov S.I., Kapustenko P.O. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah. Pidruchnik. K.: CNL, 2011. 832 p.
2. DSTU 4623:2006 «Cukor bilij. Tehnicni umovi». K. : DERZhSPOZhIVSTANDART UKRAINI 2007. 14 p.
3. Shtangejev K.O. Vuparni ustanovky ta teplovi shemy cukrovyh zavodiv. [Evaporative installations and thermal schemes of sugar factories] K.: JuNIDO Publ. 2015. 66 p.
4. Slavjanskij A.A. Promyshlennoe proizvodstvo sahara: Uchebnoe posobie. [Industrial production of sugar: Tutorial]. Moscow: MGUTU im. K.G. Razumovskogo Publ. 2015.255 p.

Надійшла (received) 19.05.2022

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Нікульшин Володимир Русланович (Нікульшин Владимир Русланович, Nikulshin Volodymyr Ruslanovych)** – доктор технічних наук, професор, Національний університет «Одеська політехніка», завідувач кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики; м. Одеса, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5946-8562>; e-mail: [vnikul@paco.net](mailto:vnikul@paco.net)

**Денисова Алла Євсївна (Денисова Алла Евсеевна, Denysova Alla Evsiivna)** – доктор технічних наук, професор, Національний університет «Одеська політехніка», директор Українсько-польського інституту; м. Одеса, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3906-3960>; e-mail: [alladenysova@gmail.com](mailto:alladenysova@gmail.com)

**Мельник Сергій Ігоревич (Мельник Сергей Игоревич, Melnik Sergey Igorevich)** – кандидат технічних наук, Національний університет «Одеська політехніка», старший викладач кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, м. Одеса, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4784-9736>; e-mail: [mardaud@i.ua](mailto:mardaud@i.ua)

**Височин Віктор Васильович (Высочин Виктор Васильевич, Wysochin Viktor Vasylovych)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Одеська політехніка», доцент кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, м. Одеса, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2279-203X>; e-mail: [vwwin.od@gmail.com](mailto:vwwin.od@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](mailto:bis.khr@gmail.com)

**Андрющенко Анатолій Михайлович (Андрющенко Анатолий Михайлович, Andryushchenko Anatoly Mikhailovich)** – Національний університет «Одеська політехніка», старший викладач кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, м. Одеса, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1608-693X>; e-mail: [amandr@ukr.net](mailto:amandr@ukr.net)

**V. R. NIKULSHIN, A. E. DENYSOVA, S. I. MELNIK, V. V. WYSOCHIN, S. I. BUKHKALO,  
A. M. ANDRYUSHCHENKO.**

#### **METHOD OPTIMIZATION OF SEPARATE SECTIONS IN SUGAR PRODUCTION**

A method of thermoeconomic optimization of separate section of a typical sugar plant. was developed. Since the main part of exergy losses is due to heat transfer at the finite temperature difference, the value of temperature drop in each of the section s was chosen as an independent variable in thermoeconomic optimization with the corresponding search for their minimum thermoeconomic costs. The existence of a local minimum for each section is due to the fact that with increasing temperature drop increases the amount of energy costs (because the exergy losses increase) and decreases the amount of capital and related costs (because the heat transfer surface of the section decreases), and, consequently, their sum will have a minimum. The search for this minimum due to the unimodality of the thermoeconomic cost function was performed for each section by the Gauss-Seidel method - by sequentially comparing the costs obtained at this step of the iteration with the previous ones and, if the value is less, move on to the next iteration. If the value found becomes greater than the value obtained in the previous step, which will be optimal. Then the total thermoeconomic costs in the section are calculated. As an example of application of the developed method searching the optimum temperature drop and local optimums of annual thermoeconomic expenses for the first degree were found. The found value of the temperature drop exceeds the corresponding in the existing evaporation system by 2.6 degree and maintaining such an increased temperature drop in the first section allows you to reduce the annual costs in this section at 3800 USD. It should be noted that the found values of temperature drop due to the rigid link to the technological chain of each section require mutual agreement, because the flows coming from the previous sections are simultaneously included in the next, and therefore the temperature level of processes in sections must change, thereby changing the amount of thermoeconomic costs. In addition, it should be taking in amount that a change in the parameters of the flows within the energy technology system of the evaporation system will also cause a change in the parameters of the flows that leave this system.

**Keywords:** multi-section systems, sugar production, thermoeconomics, optimization

**В. Р. НИКУЛЬШИН, А. Е. ДЕНИСОВА, С. И. МЕЛЬНИК, В. В. ВЫСОЧИН В.В., С. И. БУХКАЛО  
А. М. АНДРЮЩЕНКО**

#### **МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ СТУПЕНЕЙ ВЫПАРКИ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Для отделения выпарки типового сахарного завода был разработан метод термоэкономической оптимизации отдельных ее ступеней. Поскольку основная часть потерь эксергии обусловлена теплообменом при конечной разности температур, то в качестве независимой переменной при термоэкономической оптимизации была выбрана величина температурного напора в каждом из ступеней с соответствующим поиском своих минимальных термоэкономических затрат. Существование для каждой ступени локального минимума обусловлено тем, что с ростом температурного напора увеличивается величина энергетических затрат (так как увеличиваются потери эксергии) и уменьшается величина капитальных и связанных с ними затрат (так как уменьшается поверхность теплообмена ступени), а, следовательно, их сумма будет иметь минимум. Поиск этого минимума в силу унимодальности функции термоэкономических затрат проводился для каждой из ступеней методом Гаусса-Зейделя – путем последовательного сравнения затрат, полученных на данном этапе итерации с предыдущими и, если найденное значение меньше, то переходили к следующей итерации. Расчет заканчивается в том случае, если найденное значение становится больше, чем значение, полученного на предыдущем шаге, которое и будет оптимальным. Затем рассчитываются суммарные термоэкономические затрат, в ступени. В качестве примера применения разработанного метода были найдены оптимальные температурные напоры и локальные оптимумы годовых термоэкономических затрат для первой ступени. Найденное значение температурного напора превышает соответствующее в существующей системе выпарки на 2,6 градуса и поддержания такого увеличенного температурного напора в первой ступени позволяет уменьшить годовые затраты в этой ступени на 3800 USD. Следует отметить, что найденные значения температурного напора в силу жесткой привязки к технологической цепочке каждой ступени требуют взаимного согласования, так как потоки, исходящие из предыдущих ступеней, одновременно входят в следующие, а, следовательно, температурный уровень процессов в ступенях должен согласованно изменяться, изменяя тем самым величину термоэкономических затрат. Кроме того, следует учитывать, что изменение параметров потоков внутри энерготехнологической системы отделения выпарки вызовет также изменение параметров потоков, которые покидают это отделение.

**Ключевые слова:** многоступенчатые системы, производство сахара, термоэкономика, оптимизация и вычисления.

**O. P. PRISHCHENKO, N. V. CHEREMSKAYA, T. T. CHERNOGOR, S. I. BUKHKALO**

### **INNOVATIVE METHODS OF TEACHING THE DISCIPLINE HIGHER MATHEMATICS TO STUDENTS STUDYING CHEMICAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING**

The article discusses some innovative methods that can be used in practical classes in higher mathematics, teaching students of chemical specialties. The possibilities for the development of competencies in complex interuniversity projects are closely related to the issues of classifying all types of interrelationships of disciplines within the framework of courses according to curricula, as well as the choice of additional universal competencies. Mathematics for chemical process engineers is, first of all, a useful tool for solving many chemical and technological problems and tasks. The typical curriculum takes into account the modern needs of related and special disciplines in the mathematical education of students, and consists of four main sections: the foundations of algebra and analytical geometry, mathematical analysis, differential equations, probability theory and mathematical statistics. When writing the article, many years of experience in teaching students of chemical specialties by the department 'Higher Mathematics' of the National Technical University «KhPI» were used. The purpose of the scientific research of teachers and students presented in the article is to increase the competitiveness of Ukrainian technical education in the world market by developing and implementing innovative models and methods. When writing this article, the authors pursued three goals. First, to give the general course of mathematics for students of chemical and related specialties an appropriate professional orientation; secondly, to form in students of the first years of study ideas about the mathematical apparatus, information technologies and the mathematical modeling of modern chemistry and, thirdly, to instill in students the primary skills of building mathematical models of the simplest physical and mathematical processes when studying a mathematics course.

**Keywords:** information technologies, mathematical modeling, innovative methods, chemical kinetics, function of one variable, Raoult's law, equilibrium line, differential equation, vector, regression analysis.

**О. П. ПРИЩЕНКО, Н. В. ЧЕРЕМСЬКА, Т. Т. ЧЕРНОГОР, С. І. БУХКАЛО**

### **ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ ВИЩА МАТЕМАТИКА СТУДЕНТАМ, ЯКІ ВИВЧАЮТЬ ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЮ**

У статті розглянуто деякі інноваційні методи, які можна використовувати на практичних заняттях з вищої математики, навчаючи студентів хімічних спеціальностей. Можливості розвитку компетенцій комплексних міжвузівських проектів тісно пов'язані з питаннями класифікації всіх видів взаємозв'язків дисциплін в рамках курсів за навчальними програмами, а також вибором додаткових універсальних компетенцій. Математика для інженерів хіміків-технологів – це насамперед корисний інструмент для вирішення багатьох хіміко-технологічних проблем та завдань. Типова навчальна програма враховує сучасні потреби суміжних та спеціальних дисциплін у математичній освіті студентів, і складається з чотирьох основних розділів: основ алгебри та аналітичної геометрії, математичного аналізу, диференціальних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики. Під час написання статті використано багаторічний досвід викладання студентам хімічних спеціальностей кафедрою «Вища математика» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Метою представлено у статті наукового дослідження викладачів та студентів є підвищення конкурентоспроможності української технічної освіти на світовому ринку шляхом розробки та впровадження інноваційних моделей та методів. При написанні статті автори мали три цілі. По-перше, надати загальному курсу математики для студентів хімічних та суміжних спеціальностей відповідну професійну спрямованість; по-друге, сформувати у студентів перших років навчання уявлення про математичний апарат, інформаційні технології та математичне моделювання сучасної хімії, по-третє, прищепити студентам первинні навички побудови математичних моделей найпростіших фізико-математичних процесів щодо курсу математики.

**Ключові слова:** інформаційні технології, математичне моделювання, інноваційні методи, хімічна кінетика, функція однієї змінної, закон Рауля, лінія рівноваги, диференціальне рівняння, вектор, регресійний аналіз.

**О. П. ПРИЩЕНКО, Н. В. ЧЕРЕМСКАЯ, Т. Т. ЧЕРНОГОР, С. И. БУХКАЛО**

### **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА СТУДЕНТАМ, ИЗУЧАЮЩИМ ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИЮ**

В статье рассматриваются некоторые инновационные методы, которые можно использовать на практических занятиях по высшей математике, обучая студентов химических специальностей. Возможности развития компетентностей комплексных межвузовских проектов тесно связаны с вопросами классификации всех видов взаимосвязей дисциплин в рамках курсов по учебным программам, а также выбором дополнительных универсальных компетентностей. Математика для инженеров химиков-технологов – это, в первую очередь, полезный инструмент для решения многих химических технологий и задач. Типовая учебная программа учитывает современные потребности смежных и специальных дисциплин в математическом образовании студентов, и состоит из четырех основных разделов: основ алгебры и аналитической геометрии, математического анализа, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики. При написании статьи использован многолетний опыт преподавания студентам химических специальностей кафедрой «Высшая математика» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Задачей представленного в статье научного исследования преподавателей и студентов является повышение конкурентоспособности украинского технического образования на мировом рынке путем разработки и внедрения инновационных моделей и методов. При написании статьи авторы преследовали три цели. Во-первых, придать общему курсу математики для студентов химических и смежных специальностей соответствующую профессиональную направленность; во-вторых, сформировать у студентов первых лет обучения представления о математическом аппарате, информационных технологиях и математическом моделировании современной химии и, в-третьих, привить студентам первичные навыки построения математических моделей простейших физико-математических процессов при изучении курса математики.

**Ключевые слова:** информационные технологии, математическое моделирование, инновационные методы, химическая кинетика, функция одной переменной, закон Рауля, линия равновесия, дифференциальное уравнение, вектор, регрессионный анализ.

**Introduction.** The possibilities for the development of competencies of complex interuniversity projects are closely related to the issues of classifying all types

© Prishchenko O.P., Cheremskaya N.V., Chernogor T.T., Bukhkalov S.I., 2022

of interrelationships of disciplines within the framework universal competencies, example, the information technologies. Mathematics for chemical process engineers is, first of all, a useful tool for solving many chemical and technological problems and tasks. It is difficult to find a branch of mathematics that is not used to solve these problems at all stages of their analysis. The basis of statistical thermodynamics is the theory of probability, organic chemistry uses graph theory to predict the properties of complex organic molecules, the main tool of chemical kinetics is differential equations, chemical thermodynamics makes extensive use of topology and differential geometry methods.

The course of higher mathematics is the basis for the physical and mathematical training of university chemists, example, the information technologies. [1–5].

**Statement of the problem in general and its connection with important the information technologies. scientific or practical problems.**

The main goal of teaching the academic discipline 'Higher Mathematics' is to prepare students to use the modern mathematical apparatus as an effective tool for solving scientific and practical problems in the field of chemical and related disciplines.

The main tasks of teaching the academic discipline 'Higher Mathematics':

- to form students' understanding of the modern mathematical apparatus necessary for solving theoretical and practical problems in future professional activities;
- to instill the ability to independently expand mathematical knowledge, to use reference literature on mathematics and its applications in practical and research work;
- to develop the following personal qualities necessary for solving scientific and applied problems: logical thinking, analytical skills, intelligence, interest in the formal-model description and study of reality using the language, means and methods of modern mathematics.

The typical curriculum takes into account the modern needs of related and special disciplines in the mathematical education of students, and consists of four main sections: the foundations of algebra and analytical geometry, mathematical analysis, differential equations, probability theory and mathematical statistics [6–9].

As a result of studying the discipline 'Higher Mathematics', the student should know: elements of set theory and mathematical logic; matrix calculus, methods for solving algebraic equations and their systems; methods of vector algebra, analytic geometry, probability theory, mathematical statistics, mathematical analysis as applied to functions of one and several real variables; numerical methods applied to solving problems of chemical content; the natural scientific meaning of differentiation and integration, the meaning of critical and stationary points of a function in relation to the first derivative of a function and derivatives of higher orders in problems of chemical content, solving problems for the material balance equation, problems of dissociation and extraction, and other problems of special content; be

able to: use the conceptual apparatus of matrix calculus and apply the methods of linear algebra, methods for solving algebraic equations and their systems; apply the methods of vector algebra, methods for solving differential equations and a number of problems of mathematical physics, mathematical analysis as applied to a function of one and several real variables; give a geometric interpretation of functional dependencies on the plane and in space; apply methods of probability theory for mathematical modeling of random variables and finding their numerical characteristics; apply methods of the theory of statistical estimation, testing of statistical hypotheses, regression and correlation analysis; own: the mathematical apparatus of matrix calculus and linear algebra for solving problems on the composition of complex mixtures and the direct problem of chemical kinetics, methods for solving algebraic equations and their systems; skills in constructing and analyzing graphs of functional dependencies on a plane and in space; applications of mathematical analysis in chemistry; applications of differential equations and their systems in chemistry; probabilistic-statistical methods of mathematical processing and analysis of the results of a chemical experiment [8].

**Presentation of the main research material.**

The Department of Higher Mathematics of the National Technical University 'Kharkiv Polytechnic Institute' has many years of experience in teaching chemical specialties to students.

The purpose of the scientific research of teachers and students presented in the article is to increase the competitiveness of Ukrainian technical education in the world market by developing and implementing innovative models and methods.

When writing this article, the authors pursued three goals. First, to give the general course of mathematics for students of chemical and related specialties an appropriate professional orientation; secondly, to form in students of the first years of study ideas about the mathematical apparatus of modern chemistry and, thirdly, to instill in students the primary skills of building mathematical models of the simplest physical and mathematical processes when studying a mathematics course [11–15].

Let's consider some tasks with a chemical content, the solution of which in practical classes in higher mathematics will allow us to realize some of the above goals and objectives.

When studying the topic "Investigation of a function of one variable", it is useful to solve the problem of constructing an equilibrium line.

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

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

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

Such process state is named a *dynamic equilibrium*, and at him there will not be a change of concentration of substance in each their phases. Concentrations of substance of  $M$  set here in contacting phases  $\Phi_x$  and  $\Phi_y$  named *equilibrium* and are in certain functional dependence:

$$y = f(x),$$

chart, named that by the *line of equilibrium*.

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

$$p = Px,$$

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

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

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

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

where  $A$  and  $B$  are the components included in mixture.

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

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

Considering, that

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

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

$$\begin{aligned} p_A &= P_A x_A; \\ p_B &= P_B x_B = P_B (1 - x_A). \end{aligned} \quad (3)$$

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

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

On the other hand, knowing common pressure of  $P$  above mixture and partial pressure of легколетучего

component  $A$ , it is possible to define maintenance of him in pairs, shown in mole fractions:

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

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

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

or

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

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

Equation (5) expresses analytical connection between the molar stakes of highly volatile component in pairs and in a liquid and named equation of line of equilibrium [17].

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

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

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

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

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

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

**Range of definition**

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

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

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

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

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

asymptote.

We will find unvertical asymptotes:

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

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

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

function increasing.



Knowing a second derivative  $y'' = \frac{-2k_1k_2}{(k_1+k_2x)^3}$ , we find the intervals of direction of concavity of chart of function, namely  $x < -\frac{k_1}{k_2}$  a concavity is sent up, and for  $x > -\frac{k_1}{k_2}$  – downward. Because  $x > 0$  and  $y < 0$  (as mole fractions), then the line of equilibrium of binary mixture will be located in the first quadrant (fig. 1).

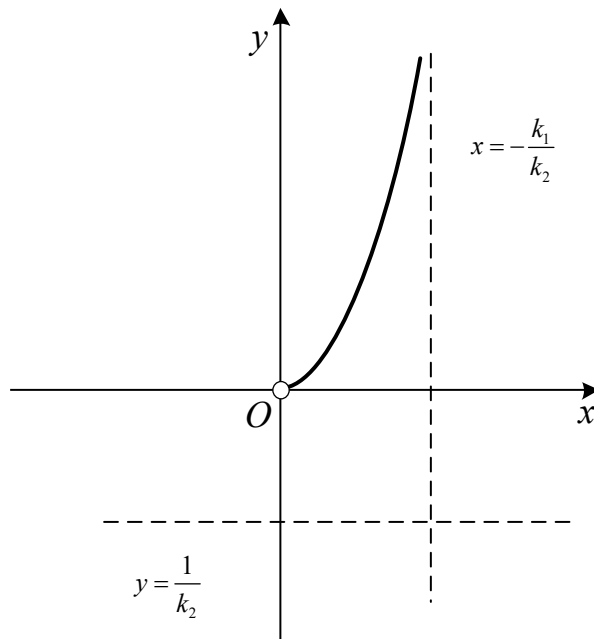


Fig. 1

Let us consider a problem for the solution of which differential equations are used.

**Problem.** A container, the walls of which form some surface of rotation with a vertical axis, is filled with liquid to a height  $h$ . Let a hole with area  $f$  be made in the bottom of the vessel, through which the liquid flows out of the vessel. It is necessary to determine the time required for the liquid to drop to a given level or to drain completely. Assuming that during the entire process there is no inflow of liquid into the vessel and that the difference in air pressure at the surface and at the outlet can be neglected, determine the time required for the liquid level in the cylindrical vessel to drop by 0.6 m due to the outflow of liquid, if the diameter of a cylindrical vessel is 3 m, the hole at the bottom of the vessel has a diameter of 57 mm, the vessel filled with liquid up to 1.8 m. Determine how long it will take all the water to drain from the vessel [5].

**Decision.** The amount of liquid  $dQ$  flowing out over time  $d\tau$  at a speed  $\omega_1$  through the hole is obviously the same  $f\omega_1d\tau$ . The level of the liquid, the surface of which  $F$  will be considered constant over time  $d\tau$ , will

decrease during this time with a certain speed  $\omega$  to the height  $\omega d\tau$ , and therefore, the volume of liquid in the vessel will decrease by the amount  $F\omega d\tau$ . This value should be equal to the value of  $dQ$ . From here we get:

$$dQ = f\omega_1d\tau = F\omega d\tau \quad (6)$$

$$a\text{бo } f\omega_1 = F\omega. \quad (7)$$

According to the law, the speed  $\omega_1$  of liquid outflow from an opening with a cross-sectional area  $f$  is equal to the speed acquired by a freely falling body after passing a distance equal to the height of the column of liquid above the opening.

Let us now introduce a rectangular coordinate system, taking as the axis  $Ox$  the axis of the vessel, and as the axis  $Oy$  any line perpendicular to it, lying in the plane with which the surface of the liquid coincided at the beginning of the process (at the moment  $\tau = 0$ ). We point the  $Ox$  axis vertically down. Then, according to the above-mentioned law, we will get the following expression for the speed of outflow  $\omega_1$  from the hole  $\omega_1 = \sqrt{2g(h-x)}$ , at the moment  $\tau$ , where  $g$  is the acceleration of gravity;  $h$  is the initial height of the liquid column (at  $\tau = 0$ );  $x$  is the level at the moment. Substituting the value into formula (7), we obtain an expression for the rate  $\omega$  of fall of the level at the moment  $\tau$ :

$$\omega = \frac{f}{F} \sqrt{2g(h-x)} \quad (8)$$

If the container has the shape of a vertical cylinder or prism, then  $F$  is constant: if the container is a body of rotation, the derivative of which has the equation  $y = f(x)$  (Fig. 2), then  $F = \pi y^2$ .

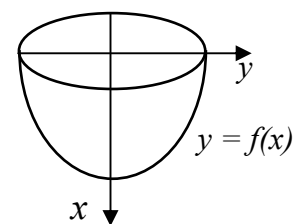


Fig. 2. Graphic model of the process

Substituting  $\frac{dx}{d\tau}$  into equation (8) instead of  $\omega_1$ , we get:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{f}{F} \sqrt{2g(h-x)} \text{ або } d\tau = \frac{1}{f\sqrt{2g}} \cdot \frac{Fdx}{\sqrt{h-x}}.$$

Solving the equation, we have:

$$\tau = \frac{F}{f\sqrt{2g}} \cdot \int \frac{dx}{\sqrt{h-x}}; \quad \tau = -\frac{F\sqrt{2}}{f\sqrt{g}}\sqrt{h-x} + C.$$

Let's use the initial conditions: at the initial moment of the end of the drop in the liquid level is zero. So, if  $\tau = 0$ , then  $x = 0$ .

So:

$$C = \frac{F\sqrt{2}}{f\sqrt{g}}\sqrt{h},$$

$$\text{where } \tau = \frac{F\sqrt{2}}{f\sqrt{g}}(\sqrt{h} - \sqrt{h-x}).$$

Having received the formula that allows you to determine the time required for the liquid to drop to a given level, we will substitute the problem data into it and determine the time required for the liquid level to drop by 0.6 m,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ;  $h = 1,8 \text{ m}$ ;  $x = 0,6 \text{ m}$ :

$$F_{\text{cont}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 9^2}{4} = 53,6 \text{ m}^3;$$

$$f_{\text{hole}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,057^2}{4} = 0,003;$$

$$\tau = \frac{53,6 \cdot 1,4}{0,003 \cdot \sqrt{9,8}}(\sqrt{1,8} - \sqrt{1,2}) \approx 26 \text{ min.}$$

To determine the time required for all the liquid to flow out of the vessel  $x = h$ , we get the formula:

$$\tau = \frac{F\sqrt{2}}{f\sqrt{g}}\sqrt{h}, \quad \tau = \frac{53,6 \cdot 1,4}{0,003 \cdot \sqrt{9,8}}\sqrt{1,8} = 169 \text{ min.}$$

When studying the method of regression analysis, it is useful to consider the following problem.

**Problem.** During testing, a chromel-alumel thermocouple at constant (reference) points: metal crystallization temperatures Pb (327,5 °C), Zn (419,6 °C), Al (660,0 °C).

The corresponding thermopower data are obtained accordingly: 12,1 MV; 16,0 MV; 26,1 MV. It is necessary to calculate the regression equation for the linear dependence of temperature on the thermocouple thermopower values.

**Decision.** Create a table 1 to calculate the regression coefficients:

Table 1. Calculation of regression coefficients

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

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

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

Thus, we have obtained the regression equation:  $y = 39,75 + 23,76x$ , which allows us to calculate the temperature (°C) from the thermocouple readings [10].

Regression coefficients can be found using **Excel**. The procedure for calculating both regression coefficients is the same. A small difference is that in the **Wizard of Functions** dialog, in the **Statistical** category, we select the **SLOPE** function to find the linear

coefficient  $b_1$ , and the **INTERCEPT** function for the free term of the equation  $b_0$ .

The dialogs **Argument of functions – SLOPE** and **Argument of functions – INTERCEPT** will appear on the screen, respectively. In the appropriate fields, enter the range of values  $y$  and  $x$  from the worksheet and . In the **Function Argument** dialog, the value of the specified coefficient will appear, which, after pressing the **OK** button, is transferred to the specified cell of the worksheet.

**Excel** produces more accurate values of regression coefficients than manually calculated values.

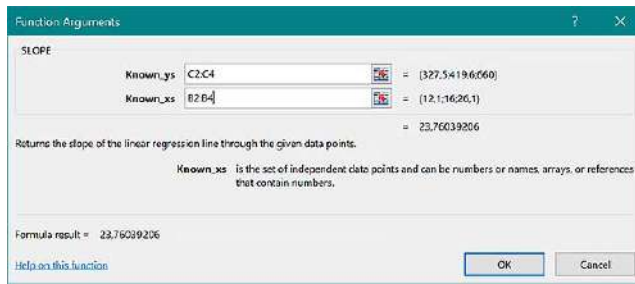


Fig. 3. Dialog 'Argument of functions' – SLOPE

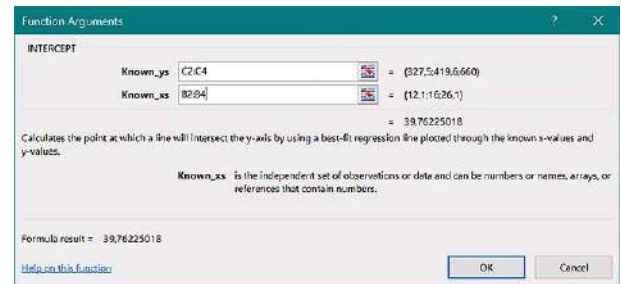


Fig. 4. Dialog 'Argument of functions' – INTERCEPT

The Microsoft Office Excel 2016 program allows simultaneous dispersion, correlation and regression analysis with an assessment of the significance of the

coefficients of the obtained regression equation [18].

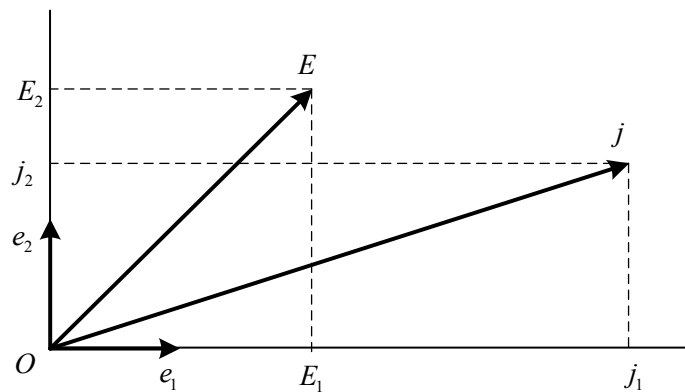


Fig. 5. Illustration of Ohm's law in an anisotropic medium, for which  $\sigma_{11} = 3\sigma_{22}$  ( $\vec{e}_1$  and  $\vec{e}_2$  are the orientation of the axes of the orthonormal coordinate system)

During the study of linear and vector algebra, it is proposed to solve such a problem with physical and chemical content.

Problem. Find the magnitude and direction of the current density vector  $j$  in the coordinate system  $X_1X_2X_3$ , arising in a crystal plate with area  $S$  and thickness  $d$  ( $\sqrt{S} \gg d$ ) under the action of an external field  $E = 150 \text{ V/cm}$  in the direction  $(\sqrt{2}/2; \sqrt{2}/2; 0)$ , if the specific conductivity of the crystal ( $10^{-7} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ) in this coordinate system  $X_1X_2X_3$  is described by a tensor

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 9 & -2 & 8 \\ -2 & 16 & 0 \\ 8 & 0 & 25 \end{pmatrix}.$$

Decision. The components of the external electric field  $E(E_1, E_2, E_3)$  strength vector are equal to  $E_1 = 150 \cdot \sqrt{2}/2 \text{ V/cm}$ ;  $E_2 = 150 \cdot \sqrt{2}/2 \text{ V/cm}$ ;  $E_3 = 0$ . According to Ohm's law in differential form, the

components of the current density vector  $j(j_1, j_2, j_3)$  in the crystal are determined by the formula  $j_i = \sum_{k=1}^3 \sigma_{ik} E_k$ :

$$\begin{cases} j_1 = \sigma_{11} \cdot E_1 + \sigma_{12} \cdot E_2 + \sigma_{13} \cdot E_3, \\ j_2 = \sigma_{21} \cdot E_1 + \sigma_{22} \cdot E_2 + \sigma_{23} \cdot E_3, \\ j_3 = \sigma_{31} \cdot E_1 + \sigma_{32} \cdot E_2 + \sigma_{33} \cdot E_3. \end{cases}$$

Numerical values  $j_1 = 7,4 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ ;  $j_2 = 14,7 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ ;  $j_3 = 8,46 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ ;  $|j| = 18,5 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ . The direction of the vector  $j$  is determined by the angles  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  using the formula  $\cos \varphi_i = \frac{j_i}{|j|}$ , where ( $i = 1; 2; 3$ ).

These angles are  $\varphi_1 = 66^\circ$ ,  $\varphi_2 = 37^\circ$ ,  $\varphi_3 = 63^\circ$ . Problem answer:  $|j| = 18,5 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ ,  $\varphi_1 = 66^\circ$ ,  $\varphi_2 = 37^\circ$ ,  $\varphi_3 = 63^\circ$  [16].

### Conclusions and development prospects of this direction.

The article discusses some the information technologies and innovative methods that can be used in practical classes in higher mathematics, teaching students of chemical specialties. Examples of tasks with a physical and chemical content are given. Most often, when studying a higher mathematics course, you have to solve problems of a general nature. But for the students of the Educational and Scientific Institute of Chemical Technologies and Engineering, tasks that are directly related to their specialty are of greater interest. Thus, considering tasks similar to those given in this article, we will increase the interest and motivation of future specialists to study this material. Also, with the application of complex educational classes, the formation and development of students' professional competencies, which allow them to perform engineering and research work according to specific technological processes, takes place.

And although mathematicians and engineers, chemists and technologists think in completely different ways, those cases when they manage to achieve interaction lead to the appearance of non-trivial results and contribute to the enrichment of both these sciences. Thanks to such actions, it is possible to achieve more specific results on some issues on the topic of innovative activity. Thus, classes with students and their independent work form skills in formulating conclusions from the work carried out. At the same time, students develop the necessary skills: use of computer technology in order to identify regularities in research processes and methods; conducting a patent search and implementing the obtained results; public defense of scientific development, analytical competence analysis of the scientific and applied part [19].

### References

1. Высшая математика в примерах и задачах : уч. пособ. : Т. 2 / Ю.Л. Геворкян, Л.А. Балака, С.С. Габриелян и др. ; под ред. Ю.Л. Геворкяна. – Х.: Підручник НТУ «ХП», 2011. – 376 с.
2. Вища математика в прикладах і задачах : у 2 т. Т. 2 : Диференціальне та інтегральне числення функцій багатьох змінних. Диференціальні рівняння та ряди : навч. посіб. / Л.В. Курпа, Н.О. Кириллова, Г.Б. Лінник та ін. ; за ред. Л.В. Курпи. – Харків : НТУ «ХП», 2009. – 432 с.
3. Диференціальні рівняння та їх застосування : н.-мет. посіб. / Прищенко О.П., Черногор Т.Т. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – 88 с.
4. Ерёмин В. В. Математика в химии. – 2-е изд., испр. / В.В. Ерёмин. – М. : МЦНМО, 2016. – 64 с.
5. Прищенко О. П., Черногор Т. Т. Аналіз прикладів застосування диференціальних рівнянь в хімічній та харчовій технології // Вісник НТУ «ХП». – Харків : НТУ «ХП», 2018. – № 40 (1316). – с. 39 – 45.
6. Прищенко О.П., Черногор Т.Т., Бухкало С.І. Деякі особливості проведення кореляційного аналізу Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – с.320.
7. Прищенко О.П., Черногор Т.Т. Деякі особливості проведення регресійного аналізу Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – с. 319.
8. Скатецкий В.Г. Математические методы в химии : учеб. пособ. для студентов вузов / В.Г. Скатецкий, Д.В. Свиридов, В.И. Яшкин. – Минск : ТетраСистемс, 2006. – 368 с.
9. Тевяшев А.Д. Вища математика у прикладах та задачах : у 3 ч. Ч. 1 : Лінійна алгебра і аналітична геометрія. Диференціальне числення функції однієї змінної : навч. посіб. / А.Д. Тевяшев, О.Г. Литвин. – Харків : ХНУРЕ, 2002. – 552 с.
10. Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Using of methods of cross-correlation and regressive analysis for determination of functional dependence between sizes // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – №15 (1340). – С. 36 – 41.
11. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II* / за ред. проф. Сокола Є.І. Х. :НТУ «ХП». 205 с.
12. 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.
13. Бухкало С.І., Білоус О.В., Демидов І.М. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули. *Восточно-Европейський журнал передових технологій.* 2015. № 1/6(73), – с. 22–26. – Х. : Технол. центр.
14. Bukhhalo S.I., Klemes J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions, Vol.70, (2018), – pp.2047–2052.*
15. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – №5 (1359). – с. 71 – 77.
16. Прищенко О. П., Черногор Т. Т. Використання тензорів при аналізі особливостей фізичних властивостей твердих тіл // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – №6 (1360). – с. 42 – 48.
17. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2021. – №1 (1361). – с. 30 – 35.
18. Прищенко О. П., Черемська Н. В., Черногор Т. Т. Побудова математичних моделей за допомогою методів кореляційного і регресійного аналізу // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2021. – №62 (1362). – с. 29 – 36.
19. Прищенко О. П., Черемська Н. В. Реконструкція гаусовських випадкових функцій за даними спектру // Вісник НТУ «ХП» Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків : НТУ «ХП», 2021. – № 1-2 (2). – с. 97 – 103.

### References (transliterated)

1. Vysshaja matematika v primerah i zadachah : ucheb. posob. : T. 2 / Ju.L. Gevorkjan, L.A. Balaka, S.S. Gabrieljan i dr. ; pod red. Ju.L. Gevorkjana. – Khar'kiv : Pidruchnik NTU

- «KhPI», 2011. – 376 p.
- Vishha matematika v prikladah i zadachah : u 2 t. T. 2 : Diferencial'ne ta integral'ne chislennja funkcij bagat'oh zminnih. Diferencial'ni rivnjannja ta rjadi : navch. posib. / L.V. Kurpa, N.O. Kirillova, G.B. Linnik ta in. ; za red. L.V. Kurpi. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2009. – 432 p.
  - Diferencial'ni rivnyannya ta ih zastosuvannya : n-met. posib. / Prishchenko O.P., Chernogor T.T. – Kh. : NTU «KhPI», 2017. – 88 p.
  - Eryomin V. V. Matematika v himii. – 2-e izd., ispr. / V.V. Eryomin. – M. : MCNMO, 2016. – 64 p.
  - Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Analiz prikladiv zastosuvannya diferencial'nih rivnyan' v himichnij ta harchovij tekhnologii // Visnik NTU «KhPI». – Kharkiv : NTU «KhPI», 2018. – № 40 (1316). – pp. 39 – 45.
  - Prishchenko O.P., Chernogor T.T., Bukhhalo S.I. Deyaki osoblivosti provedennya korelyacijnogo analizu Informacijni tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej XXVII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2019, 15-17 travnya 2019 r.: u 4 ch. CH. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Kharkiv: NTU «KhPI». – p.320.
  - Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Deyaki osoblivosti provedennya regresijnogo analizu Informacijni tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej XXVII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2019, 15-17 travnya 2019 r.: u 4 ch. CH. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Kharkiv: NTU «KhPI». – p. 319.
  - Skateckij V.G. Matematicheskie metody v himii : ucheb. posob. dlya studentov vuzov / V.G. Skateckij, D.V. Sviridov, V.I. Yashkin. – Minsk : TetraSistems, 2006. – 368 p.
  - Tevyashev A.D. Vishcha matematika u prikladah ta zadachah : u 3 ch. CH. 1 : Linijna algebra i analitichna geometriya. Diferencial'ne chislennja funkcii odniei zminnoi : navch. posib. / A.D. Tevyashev, O.G. Litvin. – Kharkiv : HNURE, 2002. – 552 p.
  - Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Using of methods of cross-correlation and regressive analysis for determination of functional dependence between sizes // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2019. – №15 (1340). – pp. 36 – 41.
  - S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnya 2018r. CH. II / za red. prof. Sokola Є.І. Kh. :NTU «KhPI». 205 p.
  - Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Deyaki modeli doslidzhennya strukturno-himichnih zmin pri eksploatacii polimernih virobiv. Integrovani tekhnologii ta energozberezhennya. H.: NTU «KhPI», 2016. No. 3. – pp. 52–57.
  - Bukhhalo S.I., Bilous O.V., Demidov I.M. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listya gorihu volos'kogo ta kalenduli. Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tekhnologij. 2015. № 1/6(73), – pp. 22–26. – Kh. : Tekhnol. centr.
  - Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, Vol.70, (2018), – pp.2047–2052.
  - Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2020. – №5 (1359). – pp. 71 – 77.
  - Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Viktoristannya tenzoriv pri analizi osoblivostej fizichnih vlastivostej tverdih til // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2020. – No. 6 (1360). –pp. 42 – 48.
  - Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovatsiyini doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2021. – No. 1 (1361). – pp. 30 – 35.
  - Prishchenko O. P., Cheremska N. V., Chernogor T. T. Pobudova matematichnih modeley za dopomogoyu metodiv korelyatsynogo i regresijnogo anallzu // Visnik NTU «HPI» Seriya: Innovatsiyini doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2021. – No. 62 (1362). – pp. 29 – 36.
  - Prishchenko O. P., Cheremska N. V. Rekonstruktsiya gausovskih vipadkovih funktsiy za danimi spektru // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Matematichne modelyuvannya v tehniiti ta tekhnologiyah. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2021. – No. 1-2 (2). – pp. 97 – 103.

Надійшло (received) 05.07.2022

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

**Прищенко Ольга Петрівна (Прищенко Ольга Петровна, Prishchenko Olga Petrivna)** – старший викладач кафедри вищої математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0530-2131>; e-mail: priolga2305@gmail.com

**Черемська Надія Валентинівна (Черемская Надежда Валентиновна, Cheremskaya Nadezhda Valentinovna)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

тел.: (050) 225-15-44; e-mail: cheremskaya66@gmail.com

**Черногор Тетяна Тимофіївна (Черногор Татьяна Тимофеевна, Chernogor Tetyana Timofiyivna)** – старший викладач кафедри вищої математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7823-7628>; e-mail: tatyachernogor54@gmail.com

**Бухало Світлана Іванівна (Бухало 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

Solving the equation, we have:

$$\tau = \frac{F}{f\sqrt{2g}} \cdot \int \frac{dx}{\sqrt{h-x}}; \quad \tau = -\frac{F\sqrt{2}}{f\sqrt{g}}\sqrt{h-x} + C.$$

Let's use the initial conditions: at the initial moment of the end of the drop in the liquid level is zero. So, if  $\tau = 0$ , then  $x = 0$ .

So:

$$C = \frac{F\sqrt{2}}{f\sqrt{g}}\sqrt{h},$$

$$\text{where } \tau = \frac{F\sqrt{2}}{f\sqrt{g}}(\sqrt{h} - \sqrt{h-x}).$$

Having received the formula that allows you to determine the time required for the liquid to drop to a given level, we will substitute the problem data into it and determine the time required for the liquid level to drop by 0.6 m,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ;  $h = 1,8 \text{ m}$ ;  $x = 0,6 \text{ m}$ :

$$F_{\text{cont}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 9^2}{4} = 53,6 \text{ m}^3;$$

$$f_{\text{hole}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,057^2}{4} = 0,003;$$

$$\tau = \frac{53,6 \cdot 1,4}{0,003 \cdot \sqrt{9,8}}(\sqrt{1,8} - \sqrt{1,2}) \approx 26 \text{ min.}$$

To determine the time required for all the liquid to flow out of the vessel  $x = h$ , we get the formula:

$$\tau = \frac{F\sqrt{2}}{f\sqrt{g}}\sqrt{h}, \quad \tau = \frac{53,6 \cdot 1,4}{0,003 \cdot \sqrt{9,8}}\sqrt{1,8} = 169 \text{ min.}$$

When studying the method of regression analysis, it is useful to consider the following problem.

**Problem.** During testing, a chromel-alumel thermocouple at constant (reference) points: metal crystallization temperatures Pb (327,5 °C), Zn (419,6 °C), Al (660,0 °C).

The corresponding thermopower data are obtained accordingly: 12,1 MV; 16,0 MV; 26,1 MV. It is necessary to calculate the regression equation for the linear dependence of temperature on the thermocouple thermopower values.

**Decision.** Create a table 1 to calculate the regression coefficients:

Table 1. Calculation of regression coefficients

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

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

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

Thus, we have obtained the regression equation:  $y = 39,75 + 23,76x$ , which allows us to calculate the temperature (°C) from the thermocouple readings [10].

Regression coefficients can be found using **Excel**. The procedure for calculating both regression coefficients is the same. A small difference is that in the **Wizard of Functions** dialog, in the **Statistical** category,

we select the **SLOPE** function to find the linear coefficient  $b_1$ , and the **INTERCEPT** function for the free term of the equation  $b_0$ .

The dialogs **Argument of functions – SLOPE** and **Argument of functions – INTERCEPT** will appear on the screen, respectively. In the appropriate fields, enter the range of values  $y$  and  $x$  from the worksheet and . In the **Function Argument** dialog, the value of the specified coefficient will appear, which, after pressing the **OK** button, is transferred to the specified cell of the worksheet.

**Excel** produces more accurate values of regression coefficients than manually calculated values.

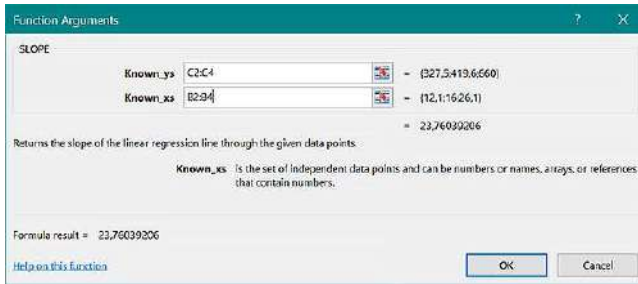


Fig. 3. Dialog 'Argument of functions' – SLOPE

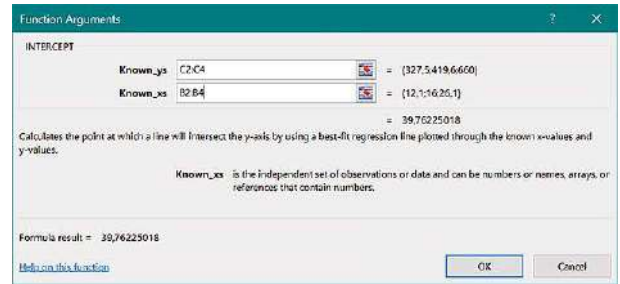


Fig. 4. Dialog 'Argument of functions' – INTERCEPT

The Microsoft Office Excel 2016 program allows simultaneous dispersion, correlation and regression analysis with an assessment of the significance of the

coefficients of the obtained regression equation [18].

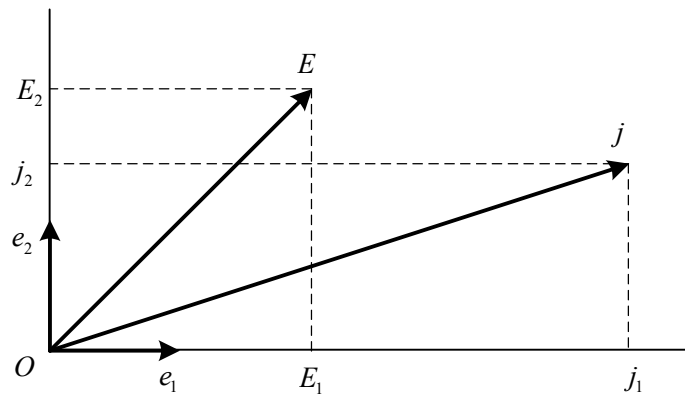


Fig. 5. Illustration of Ohm's law in an anisotropic medium, for which  $\sigma_{11} = 3\sigma_{22}$  ( $\vec{e}_1$  and  $\vec{e}_2$  are the orientation of the axes of the orthonormal coordinate system)

During the study of linear and vector algebra, it is proposed to solve such a problem with physical and chemical content.

Problem. Find the magnitude and direction of the current density vector  $j$  in the coordinate system  $X_1X_2X_3$ , arising in a crystal plate with area  $S$  and thickness  $d$  ( $\sqrt{S} \gg d$ ) under the action of an external field  $E = 150 \text{ V/cm}$  in the direction  $(\sqrt{2}/2; \sqrt{2}/2; 0)$ , if the specific conductivity of the crystal ( $10^{-7} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ) in this coordinate system  $X_1X_2X_3$  is described by a tensor

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} 9 & -2 & 8 \\ -2 & 16 & 0 \\ 8 & 0 & 25 \end{pmatrix}.$$

Decision. The components of the external electric field  $E(E_1, E_2, E_3)$  strength vector are equal to  $E_1 = 150 \cdot \sqrt{2}/2 \text{ V/cm}$ ;  $E_2 = 150 \cdot \sqrt{2}/2 \text{ V/cm}$ ;  $E_3 = 0$ . According to Ohm's law in differential form, the

components of the current density vector  $j(j_1, j_2, j_3)$  in the crystal are determined by the formula  $j_i = \sum_{k=1}^3 \sigma_{ik} E_k$ :

$$\begin{cases} j_1 = \sigma_{11} \cdot E_1 + \sigma_{12} \cdot E_2 + \sigma_{13} \cdot E_3, \\ j_2 = \sigma_{21} \cdot E_1 + \sigma_{22} \cdot E_2 + \sigma_{23} \cdot E_3, \\ j_3 = \sigma_{31} \cdot E_1 + \sigma_{32} \cdot E_2 + \sigma_{33} \cdot E_3. \end{cases}$$

Numerical values  $j_1 = 7,4 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ ;  $j_2 = 14,7 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ ;  $j_3 = 8,46 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ ;  $|j| = 18,5 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ . The direction of the vector  $j$  is determined by the angles  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  using the formula  $\cos \varphi_i = \frac{j_i}{|j|}$ , where  $(i = 1; 2; 3)$ .

These angles are  $\varphi_1 = 66^\circ$ ,  $\varphi_2 = 37^\circ$ ,  $\varphi_3 = 63^\circ$ . Problem answer:  $|j| = 18,5 \cdot 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ ,  $\varphi_1 = 66^\circ$ ,  $\varphi_2 = 37^\circ$ ,  $\varphi_3 = 63^\circ$  [16].

### Conclusions and development prospects of this direction.

The article discusses some the information technologies and innovative methods that can be used in practical classes in higher mathematics, teaching students of chemical specialties. Examples of tasks with a physical and chemical content are given. Most often, when studying a higher mathematics course, you have to solve problems of a general nature. But for the students of the Educational and Scientific Institute of Chemical Technologies and Engineering, tasks that are directly related to their specialty are of greater interest. Thus, considering tasks similar to those given in this article, we will increase the interest and motivation of future specialists to study this material. Also, with the application of complex educational classes, the formation and development of students' professional competencies, which allow them to perform engineering and research work according to specific technological processes, takes place.

And although mathematicians and engineers, chemists and technologists think in completely different ways, those cases when they manage to achieve interaction lead to the appearance of non-trivial results and contribute to the enrichment of both these sciences. Thanks to such actions, it is possible to achieve more specific results on some issues on the topic of innovative activity. Thus, classes with students and their independent work form skills in formulating conclusions from the work carried out. At the same time, students develop the necessary skills: use of computer technology in order to identify regularities in research processes and methods; conducting a patent search and implementing the obtained results; public defense of scientific development, analytical competence analysis of the scientific and applied part [19].

### References

1. Высшая математика в примерах и задачах : уч. пособ. : Т. 2 / Ю.Л. Геворкян, Л.А. Балака, С.С. Габриелян и др. ; под ред. Ю.Л. Геворкяна. – Х.: Підручник НТУ «ХП», 2011. – 376 с.
2. Вища математика в прикладах і задачах : у 2 т. Т. 2 : Диференціальне та інтегральне числення функцій багатьох змінних. Диференціальні рівняння та ряди : навч. посіб. / Л.В. Курпа, Н.О. Кириллова, Г.Б. Лінник та ін. ; за ред. Л.В. Курпи. – Харків : НТУ «ХП», 2009. – 432 с.
3. Диференціальні рівняння та їх застосування : н.-мет. посіб. / Прищенко О.П., Черногор Т.Т. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – 88 с.
4. Ерёмин В. В. Математика в химии. – 2-е изд., испр. / В.В. Ерёмин. – М. : МЦНМО, 2016. – 64 с.
5. Прищенко О. П., Черногор Т. Т. Аналіз прикладів застосування диференціальних рівнянь в хімічній та харчовій технології // Вісник НТУ «ХП». – Харків : НТУ «ХП», 2018. – № 40 (1316). – с. 39 – 45.
6. Прищенко О.П., Черногор Т.Т., Бухкало С.І. Деякі особливості проведення кореляційного аналізу Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – с.320.
7. Прищенко О.П., Черногор Т.Т. Деякі особливості проведення регресійного аналізу Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – с. 319.
8. Скатецкий В.Г. Математические методы в химии : учеб. пособ. для студентов вузов / В.Г. Скатецкий, Д.В. Свиридов, В.И. Яшкин. – Минск : ТетраСистемс, 2006. – 368 с.
9. Тевяшев А.Д. Вища математика у прикладах та задачах : у 3 ч. Ч.1 : Лінійна алгебра і аналітична геометрія. Диференціальне числення функцій однієї змінної : навч. посіб. / А.Д. Тевяшев, О.Г. Литвин. – Харків : ХНУРЕ, 2002. – 552 с.
10. Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Using of methods of cross-correlation and regressive analysis for determination of functional dependence between sizes // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – №15 (1340). – С. 36 – 41.
11. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. : НТУ «ХП». 205 с.
12. 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.
13. Бухкало С.І., Білоус О.В., Демидов І.М. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули. *Всходно-Европейський журнал передових технологій*. 2015. № 1/6(73), – с. 22–26. – Х. : Технол. центр.
14. Bukhhalo S.I., Klemes J.J., Tovazhnyanskyu L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, Vol.70, (2018), – pp.2047–2052.
15. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – №5 (1359). – с. 71 – 77.
16. Прищенко О. П., Черногор Т. Т. Використання тензорів при аналізі особливостей фізичних властивостей твердих тіл // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – №6 (1360). – с. 42 – 48.
17. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2021. – №1 (1361). – с. 30 – 35.
18. Прищенко О. П., Черемська Н. В., Черногор Т. Т. Побудова математичних моделей за допомогою методів кореляційного і регресійного аналізу // Вісник НТУ «ХП» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХП», 2021. – №62 (1362). – с. 29 – 36.
19. Прищенко О. П., Черемська Н. В. Реконструкція гаусовських випадкових функцій за даними спектру // Вісник НТУ «ХП» Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків : НТУ «ХП», 2021. – № 1-2 (2). – с. 97 – 103.

### References (transliterated)

1. Vysshaja matematika v primerah i zadachah : ucheb. posob. : T. 2 / Ju.L. Gevorkjan, L.A. Balaka, S.S. Gabrieljan i dr. ; pod red. Ju.L. Gevorkjana. – Khar'kiv : Pidruchnik NTU



- «KhPI», 2011. – 376 p.
- Vishha matematika v prikladah i zadachah : u 2 t. T. 2 : Diferencial'ne ta integral'ne chislennja funkcij bagat'oh zminnih. Diferencial'ni rivnjannja ta rjadi : navch. posib. / L.V. Kurpa, N.O. Kirillova, G.B. Linnik ta in. ; za red. L.V. Kurpi. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2009. – 432 p.
  - Diferencial'ni rivnyannya ta ih zastosuvannya : n.-met. posib. / Prishchenko O.P., Chernogor T.T. – Kh. : NTU «KhPI», 2017. – 88 p.
  - Eryomin V. V. Matematika v himii. – 2-e izd., ispr. / V.V. Eryomin. – M. : MCNMO, 2016. – 64 p.
  - Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Analiz prikladiv zastosuvannya diferencial'nih rivnyan' v himichnij ta harchovij tekhnologii // Visnik NTU «KhPI». – Kharkiv : NTU «KhPI», 2018. – № 40 (1316). – pp. 39–45.
  - Prishchenko O.P., Chernogor T.T., Bukhhalo S.I. Deyaki osoblivosti provedennya korelyacijnogo analizu Informacijni tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej XXVII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2019, 15-17 travnya 2019 r.: u 4 ch. CH. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Kharkiv: NTU «KhPI», – p.320.
  - Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Deyaki osoblivosti provedennya regresijnogo analizu Informacijni tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej XXVII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2019, 15-17 travnya 2019 r.: u 4 ch. CH. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Kharkiv: NTU «KhPI». – p. 319.
  - Skateckij V.G. Matematicheskie metody v himii : ucheb. posob. dlya studentov vuzov / V.G. Skateckij, D.V. Sviridov, V.I. Yashkin. – Minsk : TetraSistems, 2006. – 368 p.
  - Tevyashev A.D. Vishcha matematika u prikladah ta zadachah : u 3 ch. CH. I : Linijna algebra i analitichna geometriya. Diferencial'ne chislennja funkcii odniei zminnoi : navch. posib. / A.D. Tevyashev, O.G. Litvin. – Kharkiv : HNURE, 2002. – 552 p.
  - Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Using of methods of cross-correlation and regressive analysis for determination of functional dependence between sizes // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2019. – №15 (1340). – pp. 36–41.
  - S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnologiya, osvita, zdorov'ya: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnya 2018r. CH. II / za red. prof. Sokola Є.І. Kh. :NTU «KhPI». 205 p.
  - Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Deyaki modeli doslidzhennya strukturno-himichnih zmin pri eksploatacii polimernih virobiv. Integrovani tekhnologii ta energozberezhennya. H.: NTU «KhPI», 2016. No. 3. – pp. 52–57.
  - Bukhhalo S.I., Bilous O.V., Demidov I.M. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listya gorihu volos'kogo ta kalenduli. Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tekhnologij. 2015. № 1/6(73), – pp. 22–26. – Kh. : Tekhnol. centr.
  - Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, Vol.70, (2018), – pp.2047–2052.
  - Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2020. – №5 (1359). – pp. 71–77.
  - Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Viktoristannya tenzoriv pri analizi osoblivostej fizichnih vlastivostej tverdih til // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2020. – No. 6 (1360). –pp. 42–48.
  - Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovatsiyni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2021. – No. 1 (1361). – pp. 30–35.
  - Prishchenko O. P., Cheremskaya N. V., Chernogor T. T. Pobudova matematichnih modeley za dopomogyu metodiv korelyatsynogo i regresijnogo analizu // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovatsiyni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2021. – No. 62 (1362). – pp. 29–36.
  - Prishchenko O. P., Cheremskaya N. V. Rekonstruktsiya gausovskih vipadkovih funktsiy za danimi spektru // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Matematichne modelyuvannya v tehniiti ta tekhnologiyah. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2021. – No. 1-2 (2). – pp. 97–103.

Надійшло (received) 05.07.2022

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

**Прищенко Ольга Петрівна (Прищенко Ольга Петровна, Prishchenko Olga Petrivna)** – старший викладач кафедри вищої математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0530-2131>; e-mail: priolga2305@gmail.com

**Черемська Надія Валентинівна (Черемская Надежда Валентиновна, Cheremskaya Nadezhda Valentinovna)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

тел.: (050) 225-15-44; e-mail: cheremskaya66@gmail.com

**Черногор Тетяна Тимофіївна (Черногор Татьяна Тимофеевна, Chernogor Tetyana Timofiyivna)** – старший викладач кафедри вищої математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7823-7628>; e-mail: tatyachernogor54@gmail.com

**Бухало Світлана Іванівна (Бухало 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

O. P. PRISHCHENKO, N. V. CHEREMSKAYA, S. I. BUKHKALO

## EXAMPLES OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR RECONSTRUCTION FROM THE DATA OF THE SPECTRUM OF SOME CLASSES OF RANDOM FUNCTIONS

It is known that a stationary random process is represented as a superposition of harmonic oscillations with real frequencies and uncorrelated amplitudes. In the study of nonstationary processes, it is natural to have increasing or declining oscillations. This raises the problem of constructing algorithms that would allow constructing broad classes of nonstationary processes from elementary nonstationary random processes. A natural generalization of the concept of the spectrum of a nonstationary random process is the transition from the real spectrum in the case of stationary to a complex or infinite multiple spectrum in the nonstationary case. There is also the problem of describing within the correlation theory of random processes in which the spectrum has no analogues in the case of stationary random processes, namely, the spectrum point is real, but it has infinite multiplicity for the operator image of the corresponding operator, and when the spectrum itself is complex. Reconstruction of the complex spectrum of a nonstationary random function is a very important problem in both theoretical and applied aspects. In the paper the procedure of reconstruction of random process, sequence, field from a spectrum for Gaussian random functions is developed. Compared to the stationary case, there are wider possibilities, for example, the construction of a nonstationary random process with a real spectrum, which has infinite multiplicity and which can be distributed over the entire finite segment of the real axis. The presence of such a spectrum leads, in contrast to the case of a stationary random process, to the appearance of new components in the spectral decomposition of random functions that correspond to the internal states of "strings", i.e. generated by solutions of systems of equations in partial derivatives of hyperbolic type. The paper deals with various cases of the spectrum of a non-self-adjoint operator  $A$ , namely, the case of a discrete spectrum and the case of a continuous spectrum, which is located on a finite segment of the real axis, which is the range of values of the real non-decreasing function  $a(x)$ . The cases  $a(x) = 0$ ,  $a(x) = const$ ,  $a(x) = x$  and  $a(x)$  is a piecewise constant function are studied. The authors consider the recovery of nonstationary sequences for different cases of the spectrum of a non-self-adjoint operator  $A$  promising since spectral decompositions are a superposition of discrete or continuous internal states of oscillators with complex frequencies and uncorrelated amplitudes and therefore have deep physical meaning.

**Key words:** information technologies, mathematical modeling, correlation function, triangular models of operators, nonstationary random sequences and processes, spectrum of an operator, rank of nonstationarity, quasi-rank.

### Introduction.

The problem of reconstruction based on the complex spectrum of a non-stationary random function is quite relevant in both theoretical and applied aspects. This is due to the fact that a natural generalization of the concept of the spectrum of a non-stationary random process would be the transition from a real spectrum in the case of stationarity to a complex-valued or infinite spectrum in the non-stationary case. The basis for such a generalization is the fact that a stationary random process is represented in the form of a superposition of harmonic oscillations with a real frequency and uncorrelated amplitudes, that is, an elementary stationary random process is harmonic oscillations of the form  $\xi(t, \omega) = \xi_0(\omega) e^{i\lambda_0 t}$ , where  $\lambda_0$  – real frequency of harmonic oscillations. When studying non-stationary (transient) processes, the presence of growing or decaying oscillations is natural, therefore the simplest non-stationary random processes are processes of the form  $\xi(t, \omega) = \xi_0(\omega) e^{i\lambda_0 t}$ , where  $\lambda_0 = \alpha_0 + i\beta_0$ ,  $\beta_0 \neq 0$  (if  $\beta_0 > 0$ , then the fluctuations increase, and if  $\beta_0 < 0$ , then the oscillations disappear). At the same time, the question arises about the construction of algorithms that would allow to "compose" sufficiently broad classes of non-stationary processes from elementary non-stationary random processes. A similar question arises with non-stationary sequences and non-homogeneous fields. Separately, there is a problem of description within the correlation theory of random processes, in which the spectrum has no analogues in the case of stationary random processes, for example, the point of the spectrum is valid, but the corresponding operator in the operator

image has this point of infinite multiplicity, and also, when the spectrum itself is complex.

For Gaussian random functions, the procedure for reconstruction of a random process, sequence, field by spectrum is developed in the article. It should be noted that compared to the stationary case, wider possibilities open up here, for example, the construction of a non-stationary random process with a valid spectrum, which has an infinite multiplicity and which can be distributed over the entire finite segment of the valid axis. The presence of such a spectrum leads, in contrast to the case of a stationary random process, to the appearance of new components in the spectral distribution of random functions, which correspond to the internal states of the "strings", that is, they are generated by the solutions of systems of equations in partial derivatives of the hyperbolic type. The task of obtaining physical interpretations of spectral expansions of non-stationary functions is closely related to the task of restoring a random process by spectrum. The article continues the research [7] and solves the problem of obtaining spectral distributions of some new classes of random sequences and fields. Note that, using the operation of coupling operators (operator complexes), it is possible to consider more complex cases of spectra.

### Analysis of the latest research.

Spectral analysis of unitary operators was successfully used by A.M. Kolmogorov [1] to build a correlation theory of stationary random sequences, as well as to solve a number of applied problems of filtering and forecasting of stationary random sequences.

© Prishchenko O.P., Cheremskaya N.V., Bukhkalov S.I., 2022

Kolmogorov's approach is based on the fact that each stationary random sequence corresponds to a sequence of vectors in a specially constructed Hilbert space, which allows studying non-stationary random sequences by methods of mathematical analysis of deterministic functions that take values in the corresponding Hilbert space. Later, Kolmogorov's ideas were further developed in works [2, 3]. A. M. Yaglom [4] and Yu. A. Rozanov [5] made a particularly significant contribution to the construction of the general theory of stationary sequences in Hilbert space.

The spectral theory of non-unitary operators, the beginning of which was laid in the work of M.S. Livshits [6], and further development was obtained in [8-19, 21, 22], could not help but give impetus to various applications. One of such examples of effective applications is the reconstruction of random processes and sequences by spectrum. For stationary random processes, this problem is solved in [1, 4]. For non-stationary random processes and sequences, this problem was not posed in this formulation. These considerations were the motivating motives for the appearance of this article. In the process of researching this topic, a number of problems arose that are of independent interest.

**Formulation of the problem.**

The task of reconstructing random processes (sequences) by spectrum is one of the important tasks of modeling random functions. In the case of a stationary random process, this problem is solved using the spectral theory of self-adjoint operators and, for example, in the case of a discrete spectrum, it is reduced to the construction of a special nondecreasing function of jumps with jumps at the points of the spectrum. For non-stationary random functions, this problem was not posed in this formulation. To solve this problem, it is natural to use the spectral theory of dissipative non-self-adjoint operators or contractions.

Let us first consider the case of a discrete spectrum. Let be a given finite or countable set of complex numbers  $\{\lambda_k\}$ , which are located in the upper half-plane and are limited as a whole:  $|\lambda_k| < C$ . Let's construct a dissipative operator  $\hat{A}$  whose spectrum consists of these points. Let  $\lambda_k = \alpha_k + i \frac{\beta_k^2}{2}$  and put an additional requirement that  $\sum_{k=1}^{\infty} \beta_k^2 < \infty$ . To construct a dissipative operator, consider a Hilbert space  $l_2$  and an operator  $\hat{A} \in [l_2, l_2]$  of the following form:

$$(\hat{A}f)_k = \lambda_k f_k + i \sum_{j=1}^{k-1} f_j \beta_j \beta_k \quad (k=1, 2, \dots) \quad (1)$$

It can be seen from (1) that this operator is constructed only by the spectrum  $\{\lambda_k\}$  and its matrix image is lower triangular. It's easy to check that

$$\frac{\hat{A} - \hat{A}^*}{i} = \langle \cdot, \hat{g} \rangle \hat{g}, \text{ where } \hat{g} = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \end{pmatrix}, \text{ that is, it } \hat{A} \text{ has a one-}$$

dimensional imaginary component. But then the curve  $\hat{\xi}_t$  in  $l_2$  shape  $\hat{\xi}_t = e^{it\hat{A}} \hat{\xi}_0$ , where  $\hat{\xi}_0$  fixed element with  $l_2$ , is a non-stationary curve with a rank of non-stationarity equal to one, and the spectrum of this curve consists of  $\{\lambda_k\}$ . Similarly, the sequence  $\hat{\xi}_n$  in  $l_2$  shape  $\hat{\xi}_n = \hat{A}^n \hat{\xi}_0$  is a non-stationary sequence with quasi-rank equal to unity and a spectrum  $\{\lambda_k\}$ . Using the image for the function

from the operator  $\hat{A}$  through its resolvent, we have for the  $k$ -th component  $e^{it\hat{A}} \hat{\xi}_0$  (in the case when  $\hat{\xi}_0 = \hat{g}$ ) representation:

$$\left( e^{it\hat{A}} \hat{g} \right)_k = -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} e^{it\lambda} \frac{\beta_k}{\lambda_k - \lambda} \prod_{j=1}^{k-1} \frac{\lambda - \bar{\lambda}_j}{\lambda - \lambda_j} d\lambda$$

. If all  $\lambda_j$  are distinct, then, calculating using the theory of residues, this integral is equal to the sum of residues at special points. We receive  $\left( e^{it\hat{A}} \hat{g} \right)_k = \sum_{j=1}^k e^{it\lambda_j} a_{jk}$ . For  $\hat{A}^n \hat{g}$

we get, respectively

$$\left( \hat{A}^n \hat{g} \right)_k = -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \lambda^n \frac{\beta_k}{\lambda_k - \lambda} \prod_{j=1}^{k-1} \frac{\lambda - \bar{\lambda}_j}{\lambda - \lambda_j} d\lambda$$

. But in the case of excellent ones, we get accordingly  $\lambda_j$  accordingly we have  $\left( \hat{A}^n \hat{g} \right)_k = \sum_{j=1}^k \lambda_j^n b_{jk}$ , where  $e^{it\lambda_j} a_{jk}$ ,  $\lambda_j^n b_{jk}$  excesses of the corresponding integrand functions at special points. In the event that  $\xi_0 \neq \hat{g}$  calculations are more cumbersome, so only the final result will be given:

$$\left( e^{it\hat{A}} \xi_0 \right)_k = -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} e^{it\lambda} \frac{\beta_k}{\lambda_k - \lambda} \cdot G d\lambda,$$

$$G = \sum_{\mu=0}^{k-1} \left( 1 + \frac{i\beta_{\mu}^2}{\lambda_{\mu} - \lambda} \right) \left[ \sum_{v=0}^{k-1} \frac{a_{v+1} - a_v}{\prod_{\mu=0}^v \left( 1 + \frac{i\beta_{\mu}^2}{\lambda_{\mu} - \lambda} \right)} \right] + \prod_{j=1}^{k-1} \frac{\lambda_j - \lambda}{\bar{\lambda}_j - \lambda},$$

where  $a_k = \frac{\hat{\xi}_k}{\beta_k}$ . For  $\hat{A}^n \hat{\xi}_0$  accordingly we have:

$$\left( \hat{A}^n \hat{\xi}_0 \right)_k = -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} e^{it\lambda} \frac{\beta_k}{\lambda_k - \lambda} \cdot G d\lambda,$$

$$G = \sum_{\mu=0}^{k-1} \left( 1 + \frac{i\beta_{\mu}^2}{\lambda_{\mu} - \lambda} \right) \left[ \sum_{v=0}^{k-1} \frac{a_{v+1} - a_v}{\prod_{\mu=0}^v \left( 1 + \frac{i\beta_{\mu}^2}{\lambda_{\mu} - \lambda} \right)} \right] + \prod_{j=1}^{k-1} \frac{\lambda_j - \lambda}{\bar{\lambda}_j - \lambda},$$

where  $a_k = \frac{\hat{\xi}_k}{\beta_k}$ .

Consider the case when the spectrum of the non-self-adjoint operator  $A$  is located on a finite segment of the real axis, which is the domain of values of a real-valued nondecreasing function  $a(x)$ . Then a model operator is an operator  $\hat{A}$  that acts in  $L^2_{[0,1]}$  and acquires the form

$(\hat{A}f)(x) = a(x)f(x) + i \int_0^x f(y)dy$ . Using the results of work [20] on the image of the resolvent, for the curve  $\hat{\xi}_t = e^{i\hat{A}t} \hat{\xi}_0$  we have:

$$e^{i\hat{A}t} \hat{\xi}_0 = e^{ia(x)} \hat{\xi}_0(x) + \frac{1}{2\pi} \oint_{\gamma} e^{i\lambda t} \left( \int_0^x \hat{\xi}_0(\tau) \frac{\partial^2}{\partial x \partial \tau} e^{-\int_{\tau}^x \frac{dy}{a(y)-\lambda}} d\tau \right) d\lambda$$

Note that the curve  $e^{ia(x)} \hat{\xi}_0(x)$  is a stationary curve in Hilbert space  $L^2_{[0,1]}$ .

Similarly for  $\hat{\xi}_n = \hat{A}^n \hat{\xi}_0$  we get:

$$\hat{\xi}_n = \hat{A}^n \hat{\xi}_0 = -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \lambda^n \left( \frac{\hat{\xi}_0(x)}{a(x)-\lambda} - i \int_0^x \hat{\xi}_0(\tau) \frac{\partial^2}{\partial x \partial \tau} e^{-\int_{\tau}^x \frac{dy}{a(y)-\lambda}} d\tau \right) d\lambda$$

or

$$\hat{\xi}_n = a^n(x) \hat{\xi}_0(x) - i \int_0^x \hat{\xi}_0(\tau) \frac{\partial^2}{\partial x \partial \tau} \left( -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \lambda^n e^{-\int_{\tau}^x \frac{dy}{a(y)-\lambda}} d\lambda \right) d\tau$$

where the first term is a Hankel sequence in  $L^2_{[0,1]}$ , due to the fact that its correlation function is equal to

$$\langle a^n(x) \hat{\xi}_0(x), a^m(x) \hat{\xi}_0(x) \rangle_{L^2_{[0,1]}} = \int_0^1 a^{n+m}(x) |\hat{\xi}_0(x)|^2 dx$$

that is, it depends on the amount  $n+m$ .

Let's consider the cases:

1.  $a(x) = 0$ ,

$$u_n(x) = e^{i\hat{A}t} \hat{\xi}_0 = \hat{\xi}_0(x) - \int_0^x \hat{\xi}_0(\tau) \sqrt{\frac{t}{x-\tau}} J_1(2\sqrt{t(x-\tau)}) d\tau$$

where  $J_1(y) = \frac{y}{2} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k y^{2k}}{2^{2k} k!(k+1)!}$  Bessel function of the

1-st kind of the 1-st order,  $y = 2\sqrt{t(x-\tau)}$ .

2.  $a(x) = a_0$ ,

$$u_n(x) = e^{i\hat{A}t} \hat{\xi}_0 = e^{ia_0 t} \hat{\xi}_0(x) - \int_0^x e^{ia_0 \tau} \hat{\xi}_0(\tau) \sqrt{\frac{t}{x-\tau}} J_1(2\sqrt{t(x-\tau)}) d\tau$$

3.  $a(x) = x$ ,

$$u_n(x) = e^{i\hat{A}t} \hat{\xi}_0 = e^{ix} \hat{\xi}_0(x) - \int_0^x e^{i\tau x} \hat{\xi}_0(\tau) \sqrt{\frac{t}{x-\tau}} J_1(2\sqrt{t(x-\tau)}) d\tau$$

4. Let  $a(x)$  be a piecewise constant function of the

$$\text{form } a(x) = \begin{cases} b_1, 0 \leq x \leq a_1 \\ b_2, a_1 \leq x \leq a_2 \\ b_3, a_2 \leq x \leq 1. \end{cases}$$

There are six possible cases of mutual location of points  $\tau < x$  from the interval  $[0;1]$  relative to points  $a_1$  and  $a_2$ . Let us consider only the most complex arrangement, in which the interval  $(\tau; x)$  contains gaps  $a_1$  and  $a_2$ .

Let  $0 < \tau < a_1 < a_2 < x < 1$ , then

$$\hat{\xi}_n = a^n(x) \hat{\xi}_0(x) + \frac{1}{2\pi} \int_0^y \hat{\xi}_0(\tau) \frac{\partial^2}{\partial x \partial \tau} \Theta d\tau$$

$$\Theta = \{ \theta(n, x, b_1, b_2, b_3) + \theta(n, x, b_3, b_1, b_2) + \theta(n, x, b_2, b_3, b_1) \},$$

$$\theta(n, x, b_1, b_2, b_3) = 2\pi i \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[i(a_1-\tau)]^n}{n!(n-1)!} \left\{ e^{ix\lambda + i\frac{a_2-a_1}{\lambda-b_2} + i\frac{y-a_2}{\lambda-b_3}} \right\}^{(n-1)} \Big|_{\lambda=b_1} =$$

$$= 2\pi i \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[i(a_1-\tau)]^n}{n!(n-1)!} \left\{ e^{ix\lambda} (ix)^{n-1} e^{\frac{a_2-a_1}{b_1-b_2}} \cdot e^{\frac{y-a_2}{b_1-b_3}} + \sum_{j=1}^{n-1} C_{n-1}^j e^{ix\lambda} (ix)^{n-1-j} \left[ e^{\frac{a_2-a_1}{b_1-b_2}} \times \right. \right.$$

$$\times e^{\frac{y-a_2}{b_1-b_3}} \cdot \frac{(-1)^j}{(b_1-b_3)^j} \cdot \sum_{s=1}^j \frac{[i(y-a_2)]^s}{S!(b_1-b_3)^s} \cdot \Phi(S; j) + \sum_{k=1}^j C_j^k e^{\frac{a_2-a_1}{b_1-b_2}} \cdot \frac{(-1)^k}{(b_1-b_2)^k} \times$$

$$\left. \left. \times \sum_{s=1}^k \frac{[i(a_2-a_1)]^s}{S!(b_1-b_2)^s} \cdot \Phi(S, k) \cdot e^{\frac{y-a_2}{b_1-b_3}} \cdot \frac{(-1)^{j-k}}{(b_1-b_3)^{j-k}} \sum_{s=1}^{j-k} \frac{[i(y-a_2)]^s}{S!(b_1-b_3)^s} \Phi(S, j-k) \right\} \right\}$$

where  $\Phi(S, l) = \sum_{r=0}^{S-1} (-1)^r C_S^r \frac{(S-r+l-1)!}{(S-r-1)!}$ .

We note that, using the coupling operation of operators (operator complexes), it is possible to consider more complex cases of spectra. Using the Cayley transformation, a non-stationary random sequence can be reconstructed from the spectrum, in which  $\dim(I - T^*T)H = 1$ , where  $H = l_2$  is the Hilbert space,  $T \in [l_2, l_2]$  is the operator that acts in this space, and the discrete spectrum  $\mu_j$  is contained within the unit circle of the complex plane. Indeed, from the general picture

$$\xi_n = T^n \xi_0 = -\frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \lambda^n (T - \lambda I)^{-1} \xi_0 d\lambda, \quad T \in [l_2, l_2],$$

assuming for simplicity that  $\xi_0 = e$ , where  $e$  is the channel element of the operator  $T$  ( $I - T^*T = \langle \cdot, e \rangle e$ ) and considering that the resolvent  $(T - \lambda I)^{-1}$  can be

$$\text{represented as } (T - \lambda I)^{-1} = \frac{1}{1-\lambda} (\hat{A} - iI) \left( \hat{A} - i \frac{1+\lambda}{1-\lambda} I \right)^{-1}$$

and accordingly  $e = \sqrt{2} (\hat{A}^* - iI)^{-1} g_{\hat{A}}, \quad g_{\hat{A}} = (1, 1, \dots)$ ,

where  $\hat{A}$  the Kelly transformation of the operator  $T$ .

This transformation is a non-self-adjoint operator  $\dim \overline{2\text{Im } \hat{A}l_2} = 1$  with and spectrum  $\lambda_j = i \frac{1+\mu_j}{1-\mu_j}, |\mu_j| < 1$ ,

which is located in the upper half-plane. Using the triangular model of the operator  $\hat{A}$  to  $(\xi_n)_k$  finally obtain:

$$(\xi_n)_k = (T^n e)_k = -\frac{\sqrt{1-|\mu_k|^2}}{2\pi i} \oint_{\gamma} \frac{\lambda^n}{\lambda - \mu_k} \prod_{j=1}^{k-1} \frac{1 - \lambda \overline{\mu_j}}{1 - \mu_j} \frac{|\lambda_j|}{\lambda_j} d\lambda.$$

Using similar considerations, it is possible to restore a non-stationary sequence in the case when its spectrum is located on a continuous arc of the unit circle:

$$\xi_n(x) = T^n \xi_0(x) = -\frac{\sqrt{2}}{2\pi i} \oint \lambda^n \left( \frac{\xi_0(x)}{(1-\lambda)\alpha(t) - i(1+\lambda)} e^{-i \int_0^x \frac{(1-\lambda)dt}{(1-\lambda)\alpha(t) - i(1+\lambda)}} \right) d\lambda,$$

where  $T \in [L^2_{[0,l]}, L^2_{[0,l]}]$ ,  $\alpha(x)$  nondecreasing real-valued function.

Having model images for  $e^{i\hat{A}} \hat{\xi}_0$  or  $\hat{A}^n \hat{\xi}_0$ , it is easy to calculate the corresponding correlation functions.

**Prospects for further research information technologies.**

The authors consider it promising to restore non-stationary sequences for various cases of the spectrum of the non-self-adjoint operator  $A$ . At the same time, it should be borne in mind that the spectral expansions will have a deep physical meaning if these expansions represent a superposition of discrete or continuous internal states of oscillators with complex frequencies and non-correlated amplitudes. In the case of an infinite spectrum, one should expect the appearance of members in the spectral distribution that correspond to significantly new states compared to stationary random processes.

These states, in turn, correspond to distributed systems: generalized strings generated by equations with partial derivatives of the form

$$a_0 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2b_0 \frac{\partial u}{\partial t} + c_0 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \text{ or } \frac{\partial^2 u}{\partial t \partial x} + \alpha u = 0.$$

Let us emphasize that the construction of the correlation theory of random fields can be connected with the theory of systems of doubly permutable operators. This will make it possible to study random fields by methods analogous to the correlation theory of random sequences and processes.

**Conclusions.**

Thus, in this article, the task of reconstructing non-stationary random processes (sequences) by spectrum is solved. Different cases of the spectrum of the non-self-adjoint operator  $A$  are considered, namely, the case of the discrete spectrum and the case of the continuous spectrum, which is located on a finite segment of the real axis, which is the region of values of a real-valued nondecreasing function  $a(x)$ . The cases  $a(x) = 0$ ,  $a(x) = a_0$ ,  $a(x) = x$  and  $a(x)$  – piecewise-constant function are considered. It should be noted that model images for non-stationary

random processes and sequences ( $e^{i\hat{A}} \hat{\xi}_0$  or  $\hat{A}^n \hat{\xi}_0$ ) can be used to build specific models of non-stationary random processes that can be applied to interpret statistical data.

**Список літератури**

1. Колмогоров А.Н. Стационарные последовательности в гильбертовом пространстве // Бюл. МГУ, 1941. – 2, №6. – С.1 – 40.
2. Козуляев П.А. К вопросу об экстраполяции стационарных процессов // Доклады Академии Наук СССР, 1947. – Том LVI. – №9. – С. 903 – 905.
3. Козуляев П.А. К проблемам интерполяции и экстраполяции стационарных последовательностей // Доклады Академии Наук СССР, 1941. – Том XXX. – №1. – С. 13 – 17.
4. Яглом А.М. Введение в теорию стационарных случайных функций // УМН. – 1952. –Том 1. – Вып.5(51), – С.3 – 168.
5. Розанов Ю.А. Стационарные случайные процессы / М.: Физмат. гиз. 1963. – 284с.
6. Лившиц М.С. Об одном классе линейных операторов в гильбертовом пространстве // Матем. сб. 19(61):2. – 1946. – С. 239 –262.
7. Лившиц М.С., Янцевич А.А. Теория операторных узлов в гильбертовых пространствах / Харьков: Изд-во ХГУ, 1971. – 160с.
8. Аров Д.З. Пассивные линейные стационарные динамические системы // Сибирский матем. журнал. – 1979. – Т.20. – №2. – С.211 – 228.
9. Бродский М.С. Треугольные и жордановы представления линейных операторов // М.: Наука, 1969. – 287с.
10. Бродский М.С., Лившиц М.С. Спектральный анализ несамосопряженных операторов и промежуточные системы // Успехи матем. наук. –1958. – Т.8. – Вып.1(79). – С.3 – 85.
11. Ваксман Л.Л. Гармонический анализ многопараметрических полугрупп сжатий, Харьковский госуниверситет, Харьков: 1979. – 167с. (Рукопись депонирована в ВИНТИ №3991 – 80 деп.).
12. Гихман И.И., Скороход А.В. Введение в теорию случайных процессов // М., 1977, 654с.
13. Гохберг И.Ц., Крейн М.Г. Введение в теорию линейных несамосопряженных операторов // М., 1965, 448с.
14. Золотарев В.А. Об открытых системах и характеристических функциях коммутирующих систем операторов, Харьковский гос. ун-т, Харьков, 1979 (рукопись депонирована в ВИНТИ № 85 – 79 деп.).
15. Золотарев В.А. О треугольных моделях систем дважды перестановочных операторов. ДАН Арм. ССР, XII, № 3, 136 – 140.
16. Поляцкий В.Т. О приведении к треугольному виду квазиунитарных операторов // ДАН СССР, 113 "1957", С. 756 – 759.
17. Сахнович Л.А. Диссипативные операторы с абсолютно непрерывным спектром // Труды Моск. матем. общества, 19, 1968, С. 211 – 270.
18. J. Bunce The Joint Spectrum of Commuting Nonnormal operators, Proc. Amer. math. soc. 29 (1971), 499 – 505.
19. J. L. Taylor A joint spectrum for several commuting operators, J. Funct. Anal. 6 (1970), 172 – 191.
20. Когут Е.А., Черемская Н.В., Янцевич А.А. О представлении резольвент вольтерровых операторов // Крайові задачі для диференціальних рівнянь: Зб. наук. пр. – К., Ін-т математики НАН України, 1998. – Вип.1 (17). – С.99 – 101.
21. Назиров З.Ф., Черемська Н.В., Янцевич А.А. Про один клас неоднорідних випадкових полів // Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний університет”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск Математичне моделювання в техніці та технологіях. Харків: НТУ”ХП”. 2011. №13.– С.146-153.

22. Назиров З.Ф., Черемська Н.В., Янцевич А.А. Лінійні перетворення дискретних випадкових полів // Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний університет”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск Математичне моделювання в техніці та технологіях. Харків: НТУ „ХПІ”. 2011. №42.– С.144-154.
23. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Вісник НТУ «ХПІ» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – №5 (1359). – с. 71 – 77.
24. Прищенко О. П., Черногор Т. Т. Використання тензорів при аналізі особливостей фізичних властивостей твердих тіл // Вісник НТУ «ХПІ» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – №6 (1360). – с. 42 – 48.
27. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems // Вісник НТУ «ХПІ» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – №1 (1361). – с. 30 – 35.
28. Прищенко О. П., Черемська Н. В., Черногор Т. Т. Побудова математичних моделей за допомогою методів кореляційного і регресійного аналізу // Вісник НТУ «ХПІ» Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – №62 (1362). – с. 29 – 36.
29. Прищенко О. П., Черемська Н. В. Реконструкція гаусовських випадкових функцій за даними спектру // Вісник НТУ «ХПІ» Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2021. – №1-2 (2). – с. 97 – 103.
13. Gokhberg I.TS., Kreyn M.G. Vvedeniye v teoriyu lineynykh nesamosopryazhennykh operatorov // М., 1965, 448 p.
14. Zolotarev V.A. Ob otkrytykh sistemakh i kharakteristicheskikh funktsiyakh kommutiruyushchikh sistem operatorov, Khar'kovskiy gos. un-t, Khar'kov, 1979 (rukopis' deponirovana v VINITI № 85 – 79 dep.).
15. Zolotarev V.A. O treugol'nykh modelyakh sistem dvazhdy perestanovochnykh operatorov. DAN Arm. SSR, KHP, № 3, 136–140.
16. Polyatskiy V.T. O privedenii k treugol'nomu vidu kvaziunitarnykh operatorov // DAN SSSR, 113, 1957, pp. 756–759.
17. Sakhnovich L.A. Dissipativnyye operatory s absolutno nepreryvnym spektrom // Trudy Mosk. matem. obshchestva, 19, 1968, pp. 211 – 270.
18. J. Bunce The Joint Spectrum of Commuting Nonnormal operators, Proc. Amer. math. soc. 29 (1971), pp. 499 – 505.
19. J. L. Taylor A joint spectrum for several commuting operators, J. Funct. Anal. 6 (1970), pp. 172 – 191.
20. Kohut E.A., Cheremskaya N.V., Yantsevych A.A. O predstavleniyu rezol'vent vol'terovykh operatorov // Krayovi zadachi dlya dyferentsial'nykh rivnyan': Zb. nauk. pr. – K., In-t matematyky NAN Ukrainy, 1998. Vyp.1 (17). pp. 99–101.
21. Nazyrov Z.F., Cherems'ka N.V., Yantsevych A.A. Pro odyn klas neodnorodnykh vypadkovykh poliv // Visnyk Natsional'noh tekhnichnoho universytetu „Kharkivs'kyi politekhnichnyy universytet”. Zbirnyk naukovykh prats'. Tematychnyy vypusk Matematychno modelyuvannya v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh. Kharkiv: NTU “KhPI”. 2011. №13. – pp.146-153.
22. Nazyrov Z.F., Cherems'ka N.V., Yantsevych A.A. Liniyni peretvorenniya diskretnykh vypadkovykh poliv // Visnyk Natsional'noh tekhnichnoho universy-tetu „Kharkivs'kyi politekhnichnyy universytet”. Zbirnyk naukovykh prats'. Tematychnyy vypusk Matematychno modelyuvannya v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh. Kharkiv: NTU “KhPI”. 2011. №42. – pp.144-154.
23. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Analysis of opportunities of analytical method of optimization in chemical technology // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2020. – №5 (1359). – pp. 71 – 77.
24. Prishchenko O. P., Chernogor T. T. Viktoristannya tenzoriv pri analizi osoblivostej fizichnih vlastivostej tverdih til // Visnik NTU «HPI» Seriya: Innovacijni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2020. – №6 (1360). – pp. 42 – 48.
25. Prishchenko O.P., Chernogor T.T. Application of elements of studying the function of one variable when solving chemical problems // Visnik NTU «KhPI» Seriya: Innovatsiyni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Harkiv : NTU «KhPI», 2021. – №1 (1361). – pp. 30 – 35.
26. Prischenko O. P., Cheremaska N. V., Chernogor T. T. Pobudova matematichnih modeley za dopomogoyu metodiv korelyatsynogo i regresiyynogo anallzu // Visnik NTU «HPI» Seriya: Innovatsiyni doslidzhennya u naukovih robotah studentiv. – Harkiv : NTU «HPI», 2021. – #62 (1362). – pp. 29 – 36.
27. Prischenko O. P., Cheremaska N. V. Rekonstruktsiya gausovskih vipadkovykh funktsiy za danimi spektru // Visnik NTU «HPI» Seriya: Matematichne modelyuvannya v tehnitsi ta tehnolohiyah. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2021. – #1-2 (2). – pp. 97 – 103.

## References (transliterated)

1. Kolmogorov A.N. Statsionarnyye posledovatel'nosti v gil'bertovom prostranstve Byul. MGU, 1941. 2, №b. p.1–40.
2. Kozulyayev P.A. K voprosu ob ekstrapolyatsii statsionarnykh protsessov // Doklady Akademii Nauk SSSR, 1947. – Tom LVI. – №9. – pp. 903 – 905.
3. Kozulyayev P.A. K problemam interpol'yatsii i ekstrapolyatsii statsionarnykh posledovatel'nostey // Doklady Akademii Nauk SSSR, 1941. – Tom XXX. – №1. – S. 13 – 17.
4. Yaglom A.M. Vvedeniye v teoriyu statsionarnykh sluchaynykh funktsiy // UMN. – 1952. –Tom 1. – Vyp.5(51), – pp. 3–168.
5. Rozanov YU.A. Statsionarnyye sluchaynyye protsessy / M.: Fizmat. giz. 1963. – 284 p.
6. Livshits M.S. Ob odnom klasse lineynykh operatorov v gil'bertovom prostranstve // Matem. sb. 19(61):2. – 1946. – S. 239–262.
7. Livshits M.S., Yantsevich A.A. Teoriya operatornykh uzlov v gil'bertovykh prostranstvakh / Khar'kov: Izd-vo KHGU, 1971. – 160 p.
8. Arov D.3. Passivnyye lineynyye statsionarnyye dinamicheskiye sistemy // Sibirskiy matem. zhurnal. – 1979. – T.20. – №2. – pp.211–228.
9. Brodskiy M.S. Treugol'nyye i zhordanovy predstavleniya lineynykh operatorov // M.: Nauka, 1969. – 287 p.
10. Brodskiy M.S., Livshits M.S. Spektral'nyy analiz nesamosopryazhennykh operatorov i promezhutochnyye sistemy // Uspekhi matem. nauk. – 1958. – T.8. – Vyp.1(79). – pp. 3 – 85.
11. Vaksman L.L. Garmonicheskii analiz mnogoparametricheskikh polugrupp szhatiy, Khar'kovskiy gosuniversitet, Khar'kov: 1979. – 167 p. (Rukopis' deponirovana v VINITI №3991 – 80dep.).
12. Gikhman I.I., Skorokhod A.V. Vvedeniye v teoriyu sluchaynykh protsessov // M., 1977, 654 p.

Надійшло (received) 05.07.2022

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

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

**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)

**О. П. ПРИЩЕНКО, Н. В. ЧЕРЕМСЬКА, С. І. БУХКАЛО**  
**ПРИКЛАДИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІ ЗА ДАНИМИ**  
**СПЕКТРУ ДЕЯКИХ КЛАСІВ ВИПАДКОВИХ ФУНКЦІЙ**

Відомо, що стаціонарний випадковий процес зображується у вигляді суперпозиції гармонічних коливань із дійсними частотами та некорельованими амплітудами. При дослідженні нестационарних процесів природною є наявність зростаючих або згасаючих коливань. При цьому виникає задача побудови алгоритмів, які дозволяють би конструювати з елементарних нестационарних випадкових процесів широкі класи нестационарних процесів. Природним узагальненням поняття спектру нестационарного випадкового процесу є перехід від дійсного спектру у випадку стаціонарності до комплекснозначного або нескінченнократного спектру в нестационарному випадку. Також виникає проблема опису в межах кореляційної теорії випадкових процесів, у яких спектр не має аналогів у випадку стаціонарних випадкових процесів, а саме, точка спектру дійсна, але у відповідного оператора в операторному зображенні ця точка нескінченної кратності, а також, коли сам спектр комплексний. Реконструкція за комплексним спектром нестационарної випадкової функції є досить актуальною проблемою як у теоретичному, так і в прикладному аспектах. В статті розроблена процедура реконструкції випадкового процесу, послідовності, поля за спектром для гаусівських випадкових функцій. Порівняно до стаціонарного випадку, тут відкриваються більш широкі можливості, наприклад, побудова нестационарного випадкового процесу з дійсним спектром, який має нескінченну кратність та який може бути розподілений на всьому скінченному відрізьку дійсної осі. Наявність такого спектру приводить, на відміну від випадку стаціонарного випадкового процесу, до появи нових складових у спектральному розкладі випадкових функцій, які відповідають внутрішнім станам "струн", тобто породжуються розв'язками систем рівнянь у часткових похідних гіперболічного типу. Автори вважають перспективними відновлення нестационарних послідовностей для різних випадків спектра несамоспряженого оператора  $A$  тому, що спектральні розклади є суперпозицією дискретних або континуальних внутрішніх станів осциляторів із комплексними частотами та некорельованими амплітудами і тому матимуть глибокий фізичний зміст.

**Ключові слова:** інформаційні технології, математичне моделювання, кореляційна функція, трикутні моделі операторів, нестационарні випадкові послідовності і процеси, спектр оператора, ранг нестационарності, квазіранг.

**О. П. ПРИЩЕНКО, Н. В. ЧЕРЕМСЬКА, С. И. БУХКАЛО**  
**ПРИМЕРЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ПО ДАННЫМ**  
**СПЕКТРА НЕКОТОРЫХ КЛАССОВ СЛУЧАЙНЫХ ФУНКЦИЙ**

Известно, что стационарный случайный процесс представляется в виде суперпозиции гармонических колебаний с вещественными частотами и некоррелированными амплитудами. При исследовании нестационарных процессов естественным является наличие возрастающих или убывающих колебаний. При этом возникает задача построения алгоритмов, позволяющих конструировать из элементарных нестационарных случайных процессов широкие классы нестационарных процессов. Естественным обобщением понятия спектра нестационарного случайного процесса является переход от вещественного спектра в случае стационарности к комплекснозначному или бесконечнократному спектру в нестационарном случае. Также возникает проблема описания в рамках корреляционной теории случайных процессов, у которых спектр не имеет аналогов в случае стационарных случайных процессов, а именно, точка спектра вещественная, но у соответствующего оператора в операторном представлении эта точка бесконечной кратности, а также, когда сам спектр комплексный. Реконструкция по комплексному спектру нестационарной случайной функции является достаточно актуальной проблемой как в теоретическом и в прикладном аспектах. В статье разработана процедура реконструкции случайного процесса, последовательности, поля по спектру для гауссовских случайных функций. По сравнению со стационарным случаем, тут открываются более широкие возможности, например, построение нестационарного случайного процесса с вещественным спектром, который имеет бесконечную кратность и может быть распределен на всем конечном отрезке вещественной оси. Наличие такого спектра приводит, в отличие от случая стационарного случайного процесса, к появлению новых составляющих в спектральном разложении случайных функций, которые соответствуют внутренним состояниям "струн", то есть порождаются решениями систем уравнений в частных производных гиперболического типа. Авторы считают перспективными восстановление нестационарных последовательностей для разных случаев спектра несамоспряженного оператора  $A$  потому, что спектральные разложения являются суперпозицией дискретных или континуальных внутренних состояний осцилляторов с комплексными частотами и некоррелированными амплитудами и потому имеют глубокий физический смысл.

**Ключевые слова:** информационные технологии, математическое моделирование, корреляционная функция, треугольные модели операторов, нестационарные случайные последовательности и процессы, спектр оператора, ранг нестационарности, квазиранг.

market, which in the future will allow them to be ranked as sought-after export products with a large margin.

#### References (transliterated)

1. Pushkala Ramachandran, Srividya Nagarajan. Quality Characteristics, Nutraceutical Profile, and Storage Stability of Aloe Gel-Papaya Functional Beverage Blend. *International Journal of Food Science*. 2014. Vol. 2014, Article ID 847013. <https://doi.org/10.1155/2014/847013>.
2. Kathrine Skov, Mikkel Oxfeldt, Rebekka Thøgersen, Mette Hansen, Hanne Christine Bertram. Enzymatic Hydrolysis of a Collagen Hydrolysate Enhances Postprandial Absorption Rate – A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*. 2019, Vol. 11(5). doi: 10.3390/nu11051064.
3. Energy gel – 2017 comparative chart. URL: <https://www.nicolas-aubineau.com/en/energy-gel-2017-comparative-chart/> (дата звернення: 25.07.2022).

4. Yanesti Nuravianda Lestari, Eko Farida, Nur Fauzi, Fadjrul Falah Fikri. Analysis of Physicochemical and Sensory Quality of Chia Seeds Sport Energy Gel (*Salvia hispanica*, L.) during Storage. *ISPHE*. 2020. p. 603-612. DOI 10.4108/eai.22-7-2020.2300325.
5. Kochkaew Suriya, Somchai Jomduang. The Optimal Formula of Longan Energy Gel Drink Containing of High Bioactive Compounds and Antioxidant Activities. *International Journal of Food Engineering*. 2019, Vol. 5. No. 4. p. 256-261. doi: 10.18178/ijfe.5.4.256-261.
6. Christina E.Larder, Michèle M. Iskandar, Kebba Sabally, Stan Kubow. Complementary and efficient methods for di- and tri-peptide analysis and amino acid quantification from simulated gastrointestinal digestion of collagen hydrolysate. *LWT*. 2022. Vol. 155. 112880. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112880>.
7. Skov K., Oxfeldt M., Thøgersen R., Hansen M. Enzymatic Hydrolysis of a Collagen Hydrolysate Enhances Postprandial Absorption Rate – A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*. 2019, 11(5), 1064. <https://doi.org/10.3390/nu11051064>.

Надійшла (received) 02.08.2022

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

**Кондратюк Наталія Вячеславівна (Кондратюк Наталья Вячеславовна, Kondratiuk Nataliia Vyacheslavivna)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0919-8979>; e-mail: [kondratjukn3105@gmail.com](mailto:kondratjukn3105@gmail.com).

**Чернявська Анна Юрійівна (Чернявская Анна Юрьевна, Cherniavska Anna Yuriivna)** – кандидат хімічних наук, старший викладач кафедри харчових технологій Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна; ORCID: 0000-0002-0679-3457; e-mail: [ann.ann.aa198@gmail.com](mailto:ann.ann.aa198@gmail.com).

**Пугач Людмила Іванівна (Пугач Людмила Ивановна, Pugach Ludmila Ivanivna)** – вчитель хімії, комунальний заклад освіти ССЗШ № 9 Дніпровської міської ради, м. Дніпро, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9938-0450> e-mail: [li.pugach51@gmail.com](mailto:li.pugach51@gmail.com).

**Ситник Катерина Ігорівна (Сытник Екатерина Игоревна, Sytnik Kateryna Igorivna)** – студентка кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна; ORCID: 0000-0003-2681-0303; e-mail: [ksutnik15@gmail.com](mailto:ksutnik15@gmail.com)

#### **Н. В. КОНДРАТЮК, А. Ю. ЧЕРНЯВСКАЯ, Л. И. ПУГАЧ, К. И. СЫТНИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТОВАРОВЕДЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ГЕЛЕВЫХ НАПИТКОВ С «ANTI-AGE» ЭФФЕКТОМ**

Цель статьи - описать практические аспекты идентификации гелевых напитков на основе коллагена для выявления признаков их возможной фальсификации. В статье проанализированы технологические аспекты и факторы, влияющие на формирование показателей качества и потребительских свойств гелевых напитков на основе коллагена. Также рассмотрены основные органолептические показатели качества и привлекательности новых видов оздоровительных напитков на основе коллагена. Акцентировано внимание на методах проверки и достижения высокого уровня качества исходного сырья и вспомогательных компонентов. Технология производства в промышленных условиях представлена путем анализа стадий технологического процесса и стадий подготовки рецептурных компонентов для их участия в технологическом процессе. Также рассмотрены практические рекомендации по качественной идентификации желеобразующих напитков с целью выявления фальсифицированных продуктов, содержащих желеобразующие агенты небелковой природы. В связи со сниженной платежеспособностью рядовых граждан Украины и курсом украинского правительства на импортозамещение, представленной разработке прогнозируют не только завоевание популярности среди сторонников здорового образа жизни, но и в ближайшее время занятие лидирующих позиций среди тех, кто стремится отсрочить появление признаков старения или предотвратить преждевременное старение. В статье изложены аспекты идентификации гелевых напитков на основе коллагена; обосновывается необходимость обнаружения возможных признаков фальсификации, приводятся методы выполнения таких исследований.

**Ключевые слова:** товароведение, гелевые напитки, «anti-age» эффект, технологии, организация производства

#### **Н. В. КОНДРАТЮК, А. Ю. ЧЕРНЯВСКАЯ, Л. И. ПУГАЧ, К. И. СИТНИК ТЕХНОЛОГІЧНІ І ТОВАРОЗНАВЧІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ГЕЛЕВИХ НАПОЇВ З «ANTI-AGE» ЕФЕКТОМ**

Метою статті є опис практичних аспектів ідентифікації гелевих напоїв на основі колагену для виявлення ознак їх можливої фальсифікації. У статті проаналізовано технологічні аспекти та фактори впливу на формування показників якості та споживчих властивостей гелевих напоїв на основі колагену. Також розглянуто основні органолептичні показники якості та привабливості нових видів оздоровчих напоїв на основі колагену. Акцентовано увагу на методах перевірки та досягнення високого рівня якості вхідної сировини та допоміжних компонентів. Технологія виробництва в промислових умовах представлена шляхом аналізу стадій та технологічного процесу, а також етапів підготовки рецептурних компонентів для їх участі в технологічному процесі. Також розглянуто практичні рекомендації щодо якісної ідентифікації гелеподібних напоїв з метою виявлення фальсифікованих продуктів, що містять гелеутворювачі небілкової природи. В Україні гелеві напої тільки набирають популярності, а ось напої на основі колагену у вигляді шотів – новинка для вітчизняного ринку напоїв, оскільки в основному належать до індустрії краси та спортивно-оздоровчого харчування. Сьогодні колагенові напої представлені або у вигляді сухих напоїв (швидкорозчинна форма), або іноземного виробництва. У статті висвітлено аспекти ідентифікації гелевих напоїв на основі колагену; обґрунтовано необхідність їх ідентифікації для виявлення можливих ознак фальсифікації, наведено методiku виконання таких досліджень.

**Ключові слова:** товароведство, гелеві напої, «anti-age» ефект, технології, організація виробництва.



*E. A. CHERNUSHENKO, A. Y. CHERNIAVSKA, M. A. HRECHYSHKINA*

## NITRATE CONTENT IN VEGETABLES IN WATER-IRRIGATED WATER BODIES OF THE NORTHERN AND INGULETSKY GOK

The content of nitrates in vegetables is a rather urgent problem and is of interest to structures that control and regulate the possible consequences of an excessive amount of nitrates for human health. The main causes and features of food pollution are shown: irrigation of fields with water containing wastewater from industrial enterprises, excessive and uncontrolled use of fertilizers, conditions for growing vegetables and seasonality. The process of environmental pollution with nitrates, in particular, surface water resources, is considered. An analysis of the suitability of surface water for irrigation was carried out near the villages of Andreevka, Shevchenkivskoye, Zavyalovka, Annensky quarry and Ternovsky district of Krivoy Rog and showed that the content of nitrates does not exceed the MPC. The reasons for the accumulation of nitrates in plant products are shown. The transformations of nitrate ions and their toxic effect on the human body are given. The paper also outlines the main ways to reduce the content of nitrates in crop production. A quantitative analysis of nitrate ions in vegetable raw materials in the spring-autumn period was carried out: cucumbers, cabbage, potatoes, tomatoes, carrots and onions by the iodometric method, the express method based on the use of a diphenylamine reagent and the express method using the GreenTest nitrate tester, grown on the territory near such enterprises as the Northern and Ingulets GOK. The content of nitrates exceeds MPC in early potatoes and tomatoes.

**Key words:** nitrates, MPC, safety of plant raw materials, examination of food products, examination of water, methods for determining nitrate

### Вступ.

Інтенсивний розвиток сільського господарства та використання нітрогенвмісних добрив та використання вод призвело до накопичення нітратів у рослинній сировині та негативного впливу на здоров'я людини. Криворізький залізорудний басейн є одним із основних гірничодобувних центрів України, що розташований в межах Дніпропетровської області. Розвиток підприємств гірничо-металургійного комплексу обумовлює значне техногенне навантаження на басейни річок Інгулець та Саксагань, які стали приймачем скидів стічних вод. Вода цих річок використовується для зрошення сільськогосподарських угідь.

До рослин Нітроген надходить з ґрунту, головним чином у вигляді нітрат-іону. Нітрат-іон є транспортною формою Нітрогену, тому його концентрація більша в провідних органах рослини (в стеблі, черешках і жилках), менше – в пелюстці листа, плодах, насінні [1]. Вміст нітратного азоту залежить від віку рослин. У міру дозрівання овочів рівень нітратів в них знижується. Збір овочів краще проводити в другій половині дня в сонячну погоду. Підвищений вміст нітратів в зелені нейтралізується в ній аскорбіновою кислотою [2].

Нітроген, що надходить в рослину у вигляді нітрат-іону проходить складні перетворення відновлення Нітрогену від ступеня окислення +5 до -3:



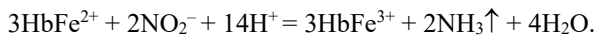
Кінцевим етапом відновлення нітратів є утворення амінів у складі амінокислот, білкових молекул. Нітрати, що не залучені в синтез білка, можуть накопичуватися в рослинах в значних кількостях (до 20% від загального вмісту Нітрогену), виконуючи роль резервного азоту для синтезу амінокислот і білків. [3].

Трансформація нітратів відбувається у процесі зберігання рослинної сировини. Відновлення нітратів до нітритів під дією нітратредуктази, відбувається при зберіганні овочів протягом 10 – 12 годин в звичайних умовах. [4]. У зв'язку з цим при проведенні поточного санітарно-гігієнічного контролю харчових рослин, овочів, фруктів і продуктів їх переробки, особливо при тривалому зберіганні, необхідно визначати не тільки наявність нітратів, а й нітритів, тому що саме нітрити мають здатність утворити з аліфатичними амінами канцерогенні нітросоаміни [5]. Відновлення нітратів в нітрити відбувається в процесі самозігрівання зелених рослин, при ранніх заморозках або спекотну погоду [6].

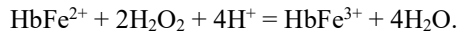
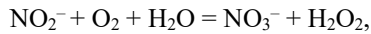
Для людини ДДД нітратів є 150 – 200 мг. Для дорослої людини ГДД становить 500 мг, а 600 мг є токсичними. Допустиме надходження нітратів з продуктами харчування і водою за добу становить 5 мг/кг [7]. Токсична дія нітратів пов'язана з утворенням продуктів відновлення Нітритів, аміаку, гідроксиламіну що відбувається під дією ферментів. Нітрити реагують з вторинними амінами харчових продуктів з утворенням канцерогенних нітросоамінів. Великі дози нітратів викликають у людини посилення шкіри, задишку, діарею, нудоту, серцебиття. Довготривала дія нітратів призводить до алергій, порушення обміну речовини та нервової системи [5]. Така реакція організму пояснюється тим що нітрати шлунковому тракту відновлюються до нітритів і всмоктуються у кров де окислюють двовалентне залізо гемоглобіну у тривалентне з утворенням метгемоглобіну, який не здатен переносити кисень до тканин. Це викликає нестачу кисню, задуху, тканеву гіпоксію, накопичення молочної кислоти та зменшення білку.

© Чернушенко О.О., Чернявська А.Ю., Гречишкіна М.О. 2022

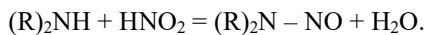
Окиснення гемоглобіну  $\text{HbFe}^{2+}$  [3] може відбуватися саме нітрит йонами:



Або перекисними сполуками, що є продуктом окиснення нітрит йонами води:



Накопичення у крові більше 20% метгемоглобіну є загрозою для життя, але організм людини регулює процеси відновлення його в оксигемоглобін дією відновлюючих ферментних метгемоглобінредуктазою. Тому найбільшу загрозу дії нітратів несе саме реакції нітрузування амінів та амідів з утворенням нітросполук для яких відмічається концерогенна та муторогенна дія. Утворення нітросполук відбувається при взаємодії нітрит-іону з вторинними амінами як в організмі людини так і у продуктах харчування при кулінарній обробці



де R – алкільна або арильна група.

Застосування надлишкових доз азотних добрив при недотриманні інших факторів (нестачі фосфору, калію, порушення температурного режиму, а також вологості ґрунту і повітря) призводить до накопичення нітратів в продукції рослинництва в дозах, токсичних для людини [5]. Встановлено, що найбільше нітратів в овочах накопичувалося при використанні нітратних форм (аміачна, калійна, натрієва селітри) і набагато менше при використанні амонійних форм (карбамід, сульфат амонію) [8].

Фосфорні добрива не є прямим постачальником Нітрогену для рослин, але при односторонньому їх внесення, змінюючи збалансованість елементів живлення, поліпшуючи умови кореневого харчування, вони надають непрямий вплив на біологічні процеси в рослинах і на рівень вмісту нітратів і загального азоту [9].

Вирішення проблеми нітратів можливе при визначенні джерел забруднення, їхнє усунення і введення постійного суворого контролю на всіх етапах виробництва, збереження і споживання продуктів харчування. Добре налагоджена система експеризи безпеки за кількістю нітратів у харчових продуктах необхідна для того, щоб захистити населення від вживання в їжу продуктів з неприпустимо високим рівнем вмісту нітратів [10].

Для швидкого визначення вмісту нітратів найпоширенішими методами кількісного аналізу є:

- фотометричні методи базуються на перетворенні нітратів у нітрити з наступним утворенням забарвлених розчинів, з використанням фотоелектрокалориметру;

- потенціометричні – із застосуванням іоноселективного електроду;

- нітрат-тести

#### Метод дослідження.

Об'єктами дослідження були овочі взяті у весняний та осінній періоди, придбані в магазині та на ринку у приватного господаря, які вирощувалися з використанням зрошення водою з водоймищ прилеглих територій Північного та Інгулецького ГЗК. Нітрати визначалися трьома методами:

-експрес-методом, що ґрунтується на використанні реактиву ДФА (дифеніламіну). Для визначення нітратів використовували реакцію з дифеніламіном (ДФА).

Відбір проб проводився у 10 зразках кожного овоча за методом сегментаційного поділу зразка та перехресним вибором компонентів для аналізу з подальшим подрібненням та вичавлюванням соку. Подрібнення зразків проводили за допомогою блендера до утворення однорідної маси. Реагент готували шляхом розчинення 0,05 г реактиву у суміші з 2 см<sup>3</sup> дистильованої води і 10 см<sup>3</sup> концентрованої сульфатної кислоти. Дифеніламін у сильно кислому середовищі взаємодіє з нітрат-іонами утворюючи сполуку синього кольору, яка при подальшому окисненні переходить у сполуку білого кольору. Вміст нітратів визначався шляхом порівняння забарвлення досліджуваного розчину екстрактів із стандартною шкалою;

- експрес-методом за допомогою нітрат-тестера GreenTest.

- йонометричним методом за ДСТУ 4948:2008. Сутність кількісного йонометричного методу полягає у визначенні нітратів з аналізованого матеріалу розчином алюмокалієвих галунів і наступному вимірюванні концентрації нітратів у витяжці іон-селективним електродом.

Також об'єктом дослідження були водоймища прилеглих територій Північного та Інгулецького ГЗК, які використовувалися для зрошення сільськогосподарських угідь. У водах нітрат-йони визначали потенціометричним методом за допомогою нітрат-селективного електроду.

#### Результати досліджень.

Оскільки нітрат-іони потрапляють у рослину сировину в тому числі і з води під час поливу, то ми проаналізували вміст нітратів у водоймищах, які знаходяться поблизу місця вирощування досліджуваної овочевої продукції. У нашому випадку це території поблизу таких підприємств як Північний та Інгулецький ГЗК. Антропогенна дія ГЗК може проявлятися у вигляді викидів забруднювачів, збросу забруднених стічних вод, зміни природного режиму хімізму вод. Це в свою чергу може призводити до забруднення і сільськогосподарських угідь, які знаходяться поблизу. Тому контроль хімічного складу вод у водоймищах на прилеглих до ГЗК територіях має важливе значення. Результати такого контролю у весняний та осінній період предсталені в таблиці 1.

Як видно з таблиці, норма  $\text{NO}_3^-$  у водах на досліджених територіях не перевищена. Отже, дану воду можна використовувати для поливу сільськогосподарської продукції.

Відбір проб овочів проводився у період травень - жовтень, і вивчена сезонна динаміка вмісту нітратів та порівняння їх методів аналізу.

Таблиця 1.– Концентрація нітрат-йонів в мг/л у воді у весняний / осінній період

Проби	Вміст $\text{NO}_3^-$	ГДК, мг/л
р. Інгулець (поблизу с. Андріївка)	32,12/ 35,56	50
Ганнівський кар'єр	49,44 /50,00	
р. Саксагань (поблизу с. Шевченківське)	37,24 / 41,21	
с. Зав'ялівка	17,72 / 21,34	
м. Кривий Ріг (Тернівський район)	12,27 / 11,67	

Результати аналізу було занесено до таблиць 2.

Таблиця 2 – Концентрація нітрат-йонів в мг/кг весняний / осінній період

Назва овоча	Йонометричний метод	Експрес-метод ДФА	Нітрометр Green Test	ГДК, мг/кг
Магазинної продукції				
Картопля	210/135	270/100	210/125	250
Огірки	294/134	300/100	244/114	300/150
Помідори	156/96	100/100	186/76	150
Капуста	770/360	500/300	710/320	900/500
Морква	-/230	-/300	-/203	400/250
Цибуля	-/70	-/100	-/74	80
Ринкової продукції				
Картопля	270/175	280/100	255/134	250
Огірки	238/34	300/100	284/45	300/150
Помідори	147/88	100/100	127/80	150
Капуста	644/426	500/300	600/420	900/500
Морква	-/156	-/100	-/150	400/250
Цибуля	-/46	-/100	-/40	80

Сезонна динаміка рослинної продукції показала, що найбільша кількість овочів із високим вмістом нітратів у весняний період. Найбільша кількість нітратів накопичується в капусті у осінній період, капусті, огірках, картоплі та помідорах у весняний період. До осіннього періоду кількість нітратів у продукції знижувалася.

Аналізуючи дані проведених досліджень, що наведені в таблиці 2, встановлено, що перевищення ГДК спостерігається для ринкової ранньої картоплі на 8-12 %, у ранніх магазинних помідорах на 4%. Овочі такі як огірки, помідори, капуста, що придбані у весняний період вмістять нітратів значно більший ніж для тих що придбані осінню. Максимальні показники вмісту нітратів у період досліджень становлять 770 мг/кг у магазинній ранній капусті. Ще однією з причин підвищеного вмісту

нітратів у ранніх овочах є те, що рослини що вирощуються у закритому ґрунті мають недостатність ультрафіолетового світла, що саме призводить до накопичення нітратів, внаслідок порушення їх метаболізму у рослинах. Крім того, висока ціна на ранні овочі в цей період примушує застосовувати азотні добрива, щоб отримати більший врожай та більший прибуток.

В осінній період майже вся овочева продукція відповідала гігієнічним нормативам.

Нітроген у рослинах в основному накопичуються в стеблах, коренях, коренеплодах, черешках і жилках листя і менше в плодах. У плодах огірків, картоплі та моркви вміст нітратів приблизно в три рази більше в шкірці, ніж у м'якоті (таблиця 3).

Таблиця 3– Результати йонометричного методу визначення нітрат-йонів у весняний період у різних частинах овочів

Назва овоча	Концентрація нітрат-йонів в мг/кг		ГДК, мг/кг
	під шкіркою	в середині	
Картопля	320	100	250
Огірки	450	150	300
Морква	300	80	400

Говорячи про експертизу безпеки продуктів харчування при визначенні нітрат-йонів, необхідно в першу чергу ставити питання про точність експрес-методів визначення овочевої сировини та регулювання використання нітратних добрив.

#### Висновок.

Аналіз придатності поверхневих вод для зрошення виконано за даними біля сел Андріївка, Шевченківське, Зав'ялівка, Ганнівський кар'єр та Тернівський району м. Кривий Ріг показав, що за вмістом нітратів не перевищує ГДК.

Проведено якісний аналіз на нітрат-іони в рослинній сировині: огірках, капусті, картоплі, помідорах, моркви та цибулі йодометричним методом, експрес-методом, що ґрунтується на використанні реактиву дифеніламіну та експрес-методом за допомогою нітрат-тестера GreenTest. Встановлено, що найбільше нітрат-йонів міститься в продукції із закритого ґрунту, порівняно з продуктами зібраними із відкритого ґрунту. Проведено кількісне визначення вмісту нітрат-йонів в продуктах харчування та досліджено, що нітрати містяться в усіх продуктах. Вміст нітратів перевищує ГДК в ранній картоплі що була куплена на ринку, на ранніх помідорах.

В нас час слід пильніше ставитися і до хімічної безпеки харчових продуктів і виробництв. Підхід до вирішення цієї проблеми може бути виражений такою концепцією:

- широка пропаганда серед населення санітарно-гігієнічних знань;
- грамотне роз'яснення засобами масової інформації основ знань щодо кулінарної трансформації складових частин харчових сировини і продуктів;

- впровадження передового зарубіжного досвіду з контролю над якістю харчової сировини і продуктів у ринковій економіці;

- створення правової бази, що сприяє зацікавленості вітчизняних виробників у випуску нешкідливих і якісних продуктів;

- вдосконалення державної системи контролю над рівнем нешкідливості харчових сировини і продуктів;

- розробка та впровадження високочутливих і експресних методів визначення токсикантів, в тому числі хімічної природи;

- ретельне дослідження біологічної, технологічної та кулінарної трансформації хімічних сполук в складі харчових продуктів [4].

Слід постійно інформувати населення про стан води у джерелах питного водопостачання в конкретній місцевості

#### Список літератури

1. Костенко, Є. Є. Моніторинг нітратів і заходи щодо їх зменшення у рослинній продукції / Є. Є. Костенко, В. Д. Ганчук, О. М. Бутенко // *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2020. Т. 26, № 3. С. 243-252. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/32155>
2. Панасенко Т.В., Красноруцька К.І. Вміст нітрат-іонів в продуктах харчування рослинного походження. *Актуальні питання біології, екології та хімії. Розділ хімія*. 2016. Том 12, № 2. С. 103–112. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apd\\_2016\\_12\\_2\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apd_2016_12_2_13)
3. Andrews M. The partitioning of nitrate assimilation between root and shoot of higher plants: mini review, *Plant Cell Environ.* 1986, № 9, P. 511–519. <https://doi.org/10.1111/1365-3040.ep11616228>
4. Харитонов М.М., Лазарева О.М., Лемішко С.М. Екологічна оцінка варіабельності вмісту нітратів у овочевих та плодово-ягідних культурах у Дніпропетровській області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 3. С. 29–31. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA\\_2015\\_3\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2015_3_7)
5. Эвенштейн З.Ф. Нитраты, нитриты, нитрозамин. К.: Общественное питание, 2010. 12 с.
6. Anjana, Umar S., Iqbal M., Abrol Y.P Accumulation of nitrates in plants, factors influencing this process and consequences for human health. *Review. Agron.Sustain.Dev.*,2007. V.27. P. 45–57. <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2006021>
7. ДСТУ 4948:2008 «Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення вмісту нітратів». [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=83097](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=83097)
8. Chen B.M., Wang Z.H., Li S.X., Wang G.X., Song H.X., Wang X.N. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables, *Plant Sci.* 2004. Vol.167, P. 635–643. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.05.015>
9. Santamaria P. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation, *J. Sci. Food Agr.* 2006. Vol. 86, P. 10–17. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2351>

10. Santamaria P., Elia A., Serio F., Todaro E. A survey of nitrate and oxalate content in retail fresh vegetables, *J. Sci. Food Agr.* 1999. Vol. 79, P. 1882–1888. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-010\(199910\)79:13%3C1882::AID-JSFA450%3E3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-010(199910)79:13%3C1882::AID-JSFA450%3E3.0.CO;2-D)
11. Zhou Z.Y., Wang M.J., Wang J.S. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China, *Food Rev. Int.* 2000. Vol.16, P. 61–76. <https://doi.org/10.1081/FRI-100100282>

#### References (transliterated)

1. . Kostenko, E.E. Monitoring of nitrates and measures to reduce them in plant products / E.E. Kostenko, V.D. Hanchuk, O.M. Butenko // Scientific works of the National University of Food Technologies. 2020. Vol. 26, №. 3. P. 243-252. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/32155>
2. Panasenko T.V., Krasnorutskya K.I. The content of nitrate ions in food products of plant origin. Current issues of biology, ecology and chemistry. Chemistry section. 2016. Vol. 12, №. 2. P. 103–112. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apd\\_2016\\_12\\_2\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apd_2016_12_2_13)
3. Andrews M. The partitioning of nitrate assimilation between root and shoot of higher plants: mini review, *Plant Cell Environ.* 1986, № 9, P. 511–519. <https://doi.org/10.1111/1365-3040.ep11616228>
4. Kharitonov M.M., Lazareva O.M., Lemishko S.M. Ecological assessment of the variability of nitrate content in vegetable and fruit and berry cultures in the Dnipropetrovsk region. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2015. №. 3. P. 29–31. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA\\_2015\\_3\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2015_3_7)
5. Evenshtein Z.F. Nitraty, nitrity, nitrozaminy. K.: Obshchestvennoye pitaniye. 2010.12 p
6. Anjana, Umar S., Iqbal M., Abrol Y.P Accumulation of nitrates in plants, factors influencing this process and consequences for human health. *Review. Agron.Sustain.Dev.*,2007. Vol. 27. P. 45–57. <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2006021>
7. DSTU 4948:2008 "Fruits, vegetables and their processing products. Methods for determination of nitrate content". [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=83097](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=83097)
8. Chen B.M., Wang Z.H., Li S.X., Wang G.X., Song H.X., Wang X.N. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables, *Plant Sci.* 2004. Vol.167, P. 635–643. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.05.015>
9. Santamaria P. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation, *J. Sci. Food Agr.* 2006. Vol. 86, P. 10–17. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2351>
10. Santamaria P., Elia A., Serio F., Todaro E. A survey of nitrate and oxalate content in retail fresh vegetables, *J. Sci. Food Agr.* 1999. Vol. 79, P. 1882–1888. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-010\(199910\)79:13%3C1882::AID-JSFA450%3E3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-010(199910)79:13%3C1882::AID-JSFA450%3E3.0.CO;2-D)
11. Zhou Z.Y., Wang M.J., Wang J.S. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China, *Food Rev. Int.* 2000. Vol.16, P. 61–76. <https://doi.org/10.1081/FRI-100100282>

Надійшла (received) 2205.2022

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

**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)

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0679-3457>; E-mail: [ann.ann.aa198@gmail.com](mailto:ann.ann.aa198@gmail.com)

**Гречишкіна Марія Олексіївна, (Гречишкина Мария Алексеевна, Hrechyshkina Mariia Alekseevna)** – студентка кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна; e-mail: [masha1995yr@gmail.com](mailto:masha1995yr@gmail.com)

**Е. А. ЧЕРНУШЕНКО, А. Ю. ЧЕРНЯВСКАЯ, М.А. ГРЕЧИШКИНА**

**СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ В ОВОЩАХ ОРОШАЕМЫХ ВОДАМИ ВОДОЕМОВ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОГО И ИНГУЛЕЦКОГО ГОК**

Содержание нитратов в овощах представляет собой довольно насущную проблему и представляет интерес для структур, контролирующих и регулирующих возможные последствия чрезмерного количества нитратов на здоровье человека. Показаны основные причины и особенности загрязнения пищевых продуктов: орошение полей водой, содержащей стоки от промышленных предприятий, чрезмерное и неконтролируемое использование удобрений, условия выращивания овощей и сезонность. Рассматривается процесс загрязнения окружающей природной среды нитратами, в частности, поверхностных водных ресурсов. Анализ пригодности поверхностных вод для орошения выполнен возле сел Андреевка, Шевченковское, Завьяловка, Анненская карьера и Терновского района г. Кривой Рог и показал, что по содержанию нитратов не превышает ПДК. Показаны причины накопления нитратов в растительной продукции. Приведена трансформация нитрат-ионов и их токсическое влияние на организм человека. В работе также изложены основные способы снижения содержания нитратов в продукции растениеводства. Проведен количественный анализ на нитрат-ионы в растительном сырье в весенне-осенний период: огурцах, капусте, картофеле, помидорах, моркови и луке йодометрическим методом, экспресс-методом, основанным на использовании реактива дифениламина и экспресс-методом с помощью нитрат-тестера GreenTest, выращенных на территории вблизи таких предприятий как Северный и Ингулецкий ГОК. Содержание нитратов превышает ПДК в раннем картофеле и помидорах.

**Ключевые слова:** нитраты, ПДК, безопасность растительного сырья, экспертиза пищевых продуктов, экспертиза воды, методы определения нитратов.

**О. О. ЧЕРНУШЕНКО, А. Ю. ЧЕРНЯВСКА, М.О.ГРЕЧИШКИНА**

**ВМІСТ НІТРАТІВ В ОВОЧАХ ЗРОЩЕНИХ ВОДАМИ ВОДОЙМИЩ ТЕРИТОРІЙ ПІВНІЧНОГО ТА ІНГУЛЕЦЬКОГО ГЗК**

Вміст нітратів у овочах є досить насущною проблемою та представляє інтерес для структур, що контролюють та регулюють можливі наслідки надмірної кількості нітратів на здоров'я. Показані головні причини і особливості забруднення харчових продуктів: зрошення полів водою, що містить стоки від підприємств, надмірне та неконтрольоване використання добрив, умови вирощування овочей та сезонність. Розглядається процес забруднення навколишнього природного середовища нитратами, зокрема, поверхневих водних ресурсів. Аналіз придатності поверхневих вод для зрошення виконано за даними біля сел Андріївка, Шевченківське, Зав'ялівка, Ганнівський кар'єру та Тернівський району м. Кривий Ріг показав, що за вмістом нітратів не перевищує ГДК. Показані причини накопичення нітратів в рослинницькій продукції. Наведено трансформацію нітрат-йонів та їх токсичний вплив на організм людини. В роботі також викладені основні засоби зниження вмісту нітратів у продукції рослинництва. Проведено якісний аналіз на нітрат-іони в рослинній сировині у весняно-осінній період: огірках, капусті, картоплі, помідорах, моркві та цибулі йодометричним методом, експрес-методом, що ґрунтується на використанні реактиву дифеніламіну та експрес-методом за допомогою нітрат-тестера GreenTest, що вирощувалися на території поблизу таких підприємств як Північний та Інгулецький ГЗК. Вміст нітратів перевищує ГДК в ранній картоплі та помідорах.

**Ключові слова:** нітрати, ГДК, безпека рослинної сировини, експертиза харчових продуктів, експертиза води, методи визначення нітратів.

*E. A. CHERNUSHENKO, O. V. SAEVICH, H. A. OSTROVSKA*

## WAYS OF ENRICHING STUDENTS' FOOD DIETS WITH BIOGENIC ELEMENTS

To preserve and strengthen the health of young people, one of the tasks of the state in the field of healthy nutrition is the development of the production of functional food products enriched with the necessary macro- and microelements; development of supplements of biologically active substances and orientation of higher education to increase the level of valeology students, and introduction of relevant topics and subjects into the educational process of higher educational institutions. The article is devoted to the problem of monitoring chemicals in the nutrition of student youth in modern conditions. With the help of a questionnaire and the method of determining the content of micro- and macroelements in the daily diet, non-compliance with the principles of rational nutrition by full-time students was revealed, which negatively affects their health. For all full-time students, there is a deficit of iodine consumption, a deficit of 50.2% of phosphorus, 64.7% of zinc, and 56.2% of chromium. The average content of calcium in daily rations was less than recommended by approximately 1.7 times for girls and 1.95 times for young men, and calcium deficiency was found in 97.9% of students, and magnesium deficiency in 82.4%. The intake of Ferrum, Manganese, Selenium and Copper with food rations exceeds the recommended values.

The study of the quality of the diets of junior year students showed that the majority of students have a polydeficient, unbalanced diet in terms of micro- and macroelements, as well as a lack of a conscious attitude to nutrition. A low level of students' abilities and skills in organizing their own food was revealed. An insufficient level of knowledge about proper nutrition is a potential factor in the deterioration of health, the occurrence of primary and secondary alimentary diseases, and a decrease in mental capacity. Ways to increase the level of knowledge of practical nutrition of higher school students and ways to solve the problem of balanced nutrition of students as an effective condition for improving their health as an effective condition for improving their health It was established that one of the priority tasks today is to increase the level of education of student youth on healthy nutrition.

**Key words:** microelements, macroelements, nutrition physiology, students, health, diet, nutrition regime, principles of rational nutrition.

### Вступ.

Програми моніторингу хімічних речовин в організмі людини є необхідною складовою стратегії, спрямованої на ранню діагностику та оцінку ризиків захворювань у населення світу та екологічних проблем, пов'язаних з впливом токсичних речовин на навколишнє середовище.

Хімічні елементи відіграють важливу роль у життєзабезпеченні всіх функцій людського організму, вони є частиною клітин, тканин і органів, містяться у крові. Разом з водою вони забезпечують постійність осмотичного тиску, кислотно-основної рівноваги, відіграють важливу роль у обміні речовин. Взаємодіючи між собою хімічні елементи, в тій чи іншій мірі беруть участь в процесах життєдіяльності і конкурують за «місце» в біологічних клітинах і тканинах [1], змінюючи гомеостаз організму в цілому.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Фізіологічна важливість мікро- і макроелементів в людському організмі показана багатьма публікаціями [2–7]. Будь-які відхилення від референтних меж вмісту хімічних елементів можуть призвести до змін, що супроводжуються різними клінічними симптомами і метаболічними змінами.

Для підтримання рівня макро- та мікроелементів в організмі дуже важливе збалансоване харчування. Незадовільне харчування, незбалансований раціон, вживання однотипних продуктів призводить до зміни мікроелементного гомеостазу організму, що погіршує стан здоров'я людини, та на жаль є ознакою сучасного життя.

Дослідження рівня збалансованості харчування та надходження ряду важливих елементів до організму людини проводили в групі студентської молоді (середній вік – 18–20 років). Визначали відповідність раціонів харчування студентів щодо забезпечення організмів наступними хімічними

елементами: К, Na, Ca, P, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Se, I, Cr та Мо.

Калій – один із найбільш поширених мікроелементів в людському організмі, який забезпечує нормальне функціонування мембран збудливих тканин з формуванням потенціалів дії, порушення яких мають велике значення в патогенезі багатьох захворювань [3]. При зниженні концентрації Калію в плазмі крові відзначається м'язова слабкість, болі у м'язах, тремор кінцівок, артеріальна гіпотензія. Знижується скорочувальна функція міокарда, парез кишечника, спостерігається зниження сухожильних рефлексів.

Роль Натрію в людському організмі складно переоцінити. Це один із основних іонів, який бере участь у підтриманні водно-сольового балансу. Натрій бере участь у процесах внутрішньоклітинного і міжклітинного обмінів, у водному обміні (підтримує осмотичний тиск біологічно рідких середовищ організму). Однак підвищення потреби Натрію є фактором ризику розвитку серцево-судинних захворювань [8].

Роль Кальцію в людському організмі не обмежується лише участю в остеогенезі з формуванням кісток [4]. Гіпокальціємія призводить до рахіту дітей і остеопорозу у жінок в менопаузі. Крім того, з пониженим рівнем Кальцію зв'язуються багато порушень у системі згортання крові [7]. Гіперкальціємія впливає на реабсорбцію в почках і призводить до зниження концентрації інших мікроелементів [6].

У свою чергу, засвоєність Кальцію залежить від присутності іонів магнію, з ним пов'язують розвиток таких захворювань, як астма та цукровий діабет.

© Чернушенко О.О., Саєвич О.В.,  
Островська Г.О. 2022

Відомо більше 300 ферментів, чья каталітична відбувається в присутності іонів Магнію, включаючи практично всі відомі ферменти в синтезі аденозинтрифосфату. Не дивлячись на це, за даними епідеміологів, дефіцит Магнію – одне з найбільш поширених порушень гомеостазу мікроелементів [9]. Він відіграє велику роль у здійсненні функцій м'язів і нервової системи (передачі нервового імпульсу й ін.). активує багато ферментативних процесів. Магній бере участь у регуляції кальцієвого, фосфорного, холестеринового обмінів і гліколізу, у синтезі білків, жирних кислот і ліпідів, у синтезі і розпаді нуклеїнових кислот. При недоліку Магнію спостерігається слабкість, дратівливість, тенденція до тетанії, кардіоспазм. Недолік Магнію сприяє розвитку захворювань серцево-судинної системи та гіпертонічної хвороби.

Фосфор входить до складу нуклеотидів, нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, фосфопротеїдів, вітамінів, коферментів. Він відіграє важливу роль у перенесенні енергії (АТФ, креатинфосфат), підтримці кислотно-основної рівноваги. Фосфор - біогенний елемент який відіграє важливу роль в діяльності головного мозку, скелетних і серцевих м'язів; бере участь в трансмембранному транспорті речовини; входить до складу ферментів. Фосфор пов'язаний з обміном Кальцію та грає важливу роль у формуванні кісткової тканини. При надмірному надходженні Фосфору знижується рівень Мангану та підвищується рівень виведення Кальцію, що створює ризик виникнення остеопорозу [10, 11].

Залізо входить до складу гемоглобіну (забезпечує транспортування кисню до тканин всього організму), міоглобіну і ферментів, бере участь в окислювально-відновних процесах. Слід зазначити, що у продуктах рослинного походження міститься гемове залізо, яке набагато краще засвоюється – в середньому засвоюється 17% – 22%, на відміну від негемового заліза, яке міститься у продуктах тваринного походження, та засвоюється на 5% – 7%. Тому одна з найбільш поширених патологій залізодефіцитної анемії, розвивається в зв'язку не тільки зі зниженням надходженням Ферума з їжі, а й при переважному вживанні харчових продуктів тваринного походження. У студентів, що мають такий діагноз спостерігається зниження когнітивної функції, змінюються реакції у поведінці: стають млявими, менш успішними у навчанні [12, 13]. Також відзначається зниження опірності до інфекцій, спостерігаються імунодефіцитні стани. Надмірна кількість Феруму призводить до накопичення його в мітохондріях і викликає нейродегенеративні зміни, такий стан, відомий як гемохроматоз [14].

Марганець – необхідний мікроелемент для всіх відомих форм життя [10] бере участь в реакціях, що каталізуютьс оксидоредуктазами, трансферазами, гідролазами, ліазами, изомеразами, лігазами, лектинами та інтегринами. У випадку нестачі Марганцю в організмі розвивається анемія, порушується формування кісток (затримка

окостеніння, укорочення і викривлення кінцівок. Збільшення Марганця в крові призводить до порушень, схожих при хворобі Паркінсона [11].

Купрум бере участь у синтезі гемоглобіну, інсуліну, у функціях залоз внутрішньої секреції, ферментів, входить до складу білків. Прояви дефіциту Купруму включають нейтропенію, анемію (резистентну до препаратів заліза), остеопороз, різні кістково-суглобні порушення, зниження пігментації шкіри, у деяких випадках – патологію з боку нервової і серцево-судинної систем. Дефіцит Купруму негативно позначається на всмоктуванні Феруму, кровотворенні, стані сполучної тканини, процесах мієлінізації в нервовій системі. Такж спостерігається підвищена схильність до бронхіальної астми, алергодерматозам, кардіопатіям і багатьом іншим захворюванням [15].

Втрата волосся, діарея, акне, дерматит, анорексія, дисменорея, всі ці процеси мають в патогенезі загальну ланку – порушення обміну Цинку. За даними дослідників, одна третя населення Землі в зоні підвищеного ризику за дефіцитом Цинку з розподілом 4% – 73% залежно від країни проживання [16].

Хром активує діяльність ферментів, бере участь у вуглеводному, мінеральному і холестериновому обмінах, впливає на ріст людини. Нестача Хрому в організмі викликає захворювання серцево-судинної системи, цукрового діабету, онкологічних захворювань або порушення роботи нервової системи [17].

Молибден є антагоністом Купруму та Сульфору. Підвищене надходження у організм людини Молибдену викликає токсикози, порушення обміну речовин, затримку росту кісток (у результаті порушення обміну Купруму і Фосфору), молибденову подагру (внаслідок підвищення синтезу ксантіноксидази і збільшення вмісту сечової кислоти). У разі нестачі Молибдену спостерігається затримка росту і розвитку, зниження маси тіла, діарея, алопеція, дерматоз, анемія, остеопороз, карієс зубів [18].

Селен захищає організм від важких металів, а надлишок його може призвести до дефіциту Кальцію. Він необхідний для нормальної функції щитоподібної залози і нормальної роботи нервової системи. При дефіциті Селену знижується функціональна активність щитоподібної залози, печінки і підшлункової залози. Дефіцит Селену проявляється через ослаблення антиоксидантної системи, антиканцерогенного захисту, порушень сексуальної функції; також підвищується ризик захворювань серця і судин. Дефіцит Селену пов'язаний з нестачею Селену у ґрунті чи проведенням тривалого парентерального харчування [19].

Йод основний елемент щитоподібної залози, забезпечує перебіг біохімічних реакцій, та обмінних процесів. За нестачі Йоду порушується обмін

речовин в організмі, зростає ризик розвитку атеросклерозу, послаблюється імунітет [20].

Метою дослідження було вивчення вмісту макро- та мікроелементів у раціоні харчування студентів, з метою попередження розвитку можливих захворювань, пов'язаних з нестачею або надлишком окремих мікроелементів у раціоні харчування студентів.

Дослідження проводили на базі Дніпровського національного університету імени Олеся Гончара. Було досліджено (опитано) 108 студентів-респондента (78 дівчат та 30 юнаків). Вікова група – від 18 до 20 років. З метою з'ясування найбільш сильного впливу раціону харчування на забезпечення добового надходження елементів, дослідження проведено у зимово-весняний період, коли спостерігаються певні обмеження раціонів.

#### Метод дослідження.

Вміст мінеральних речовин у середньодобовому раціоні студентів визначали за непрямою методикою тестування (анкетування) та розраховували за таблицями хімічного складу харчових продуктів [21].

Статистичну обробку результатів проводили за критерієм Стюдента з урахуванням та при порівнянні з розрахованими нормами фізіологічних потреб у харчових речовинах для різних груп населення [22].

#### Результати досліджень.

За результатами анкетування добового раціону харчування з вказівкою маси продуктів та перерахунком на вміст хімічних елементів було визначено рівні забезпечення добових потреб у макро- та мікроелементах (таблиця 1).

Таблиця 1. Вміст мікроелементів в раціоні харчування студентів ДНУ

Елемент	Норма вмісту елементу (на добу)	Середній вміст елементу в раціоні на добу	Баланс постачання, %	Відсоток студентів, що мають дефіцит елементу, %
1	2	3	4	5
Дівчата				
Fe	17 мг	18 мг	105,9	50
K	2507 мг	1787 мг	71,3	69
Ca	1100 мг	634 мг	57,6	100
Mg	500 мг	348 мг	69,6	93
Mn	2 мг	3 мг	150,0	57
Na	1506 мг	2062 мг	136,9	32
P	1200 мг	1150 мг	95,8	77
Zn	12 мг	10 мг	83,3	71
Cu	1 мг	1,3 мг	130,0	57
Se	50 мкг	87,5 мкг	175,0	29
I	150 мкг	90 мкг	60,0	100

Продовження таблиці 1

1	2	3	5	6
Cr	50 мкг	35,5 мкг	71,0	64
Mo	70 мкг	50 мкг	71,4	64
Юнаки				
Fe	15 мг	17 мг	113,3	33
K	2507 мг	2830 мг	112,9	17
Ca	1200 мг	929 мг	77,4	51
Mg	400 мг	383 мг	95,8	40
Mn	2 мг	3,2 мг	160,0	5
Na	1506	1289 мг	85,6	53
P	1200 мг	1629 мг	135,8	0
Zn	15 мг	13,5 мг	90,0	41
Cu	1 мг	1,8 мг	180,0	0
Se	70 мкг	87,4 мкг	124,9	13
I	150 мкг	62,5 мкг	41,7	100
Cr	50 мкг	48,1 мкг	96,2	14
Mo	70 мкг	101,4 мкг	144,9	0

При аналізі забезпеченості вмісту необхідних раціонів мінеральними речовинами встановлено, що вміст Кальцію в раціонах харчування для дівчат в 1,74 рази нижче норми, для юнаків – в 1,29 рази нижче норми (рис. 1 та 2)

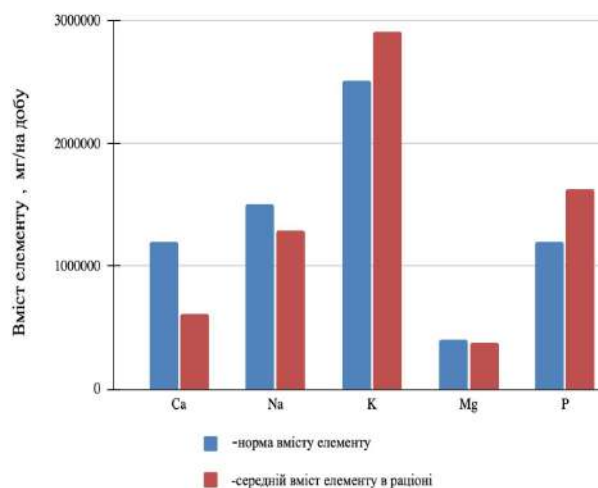


Рис. 1 Забезпечення добових потреб у макроелементах юнаків

Як відомо, засвоюваність Кальцію, що міститься в їжі, залежить від співвідношення з іншими макроелементами, в першу чергу, з Фосфором. Найбільш оптимальне співвідношення Ca і P – 1:1,5 в той час як в харчуванні студентів воно склало 1:2,0; оптимальне співвідношення Ca і Mg – 1:0,5 для студентів воно дорівнює 1:0,57; оптимальне співвідношення Ca:Mg:P – 1 : 1,48 : 0,5 для студентів воно дорівнює 1 : 2,0 : 0,57. Тобто дефіцит Кальцію пов'язаний з недостатнім його надходженням, а не засвоюваністю.



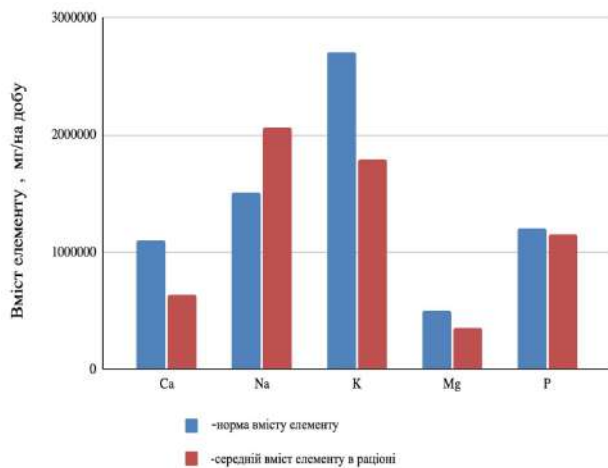


Рис. 2. Забезпечення добових потреб у макроелементах дівчат

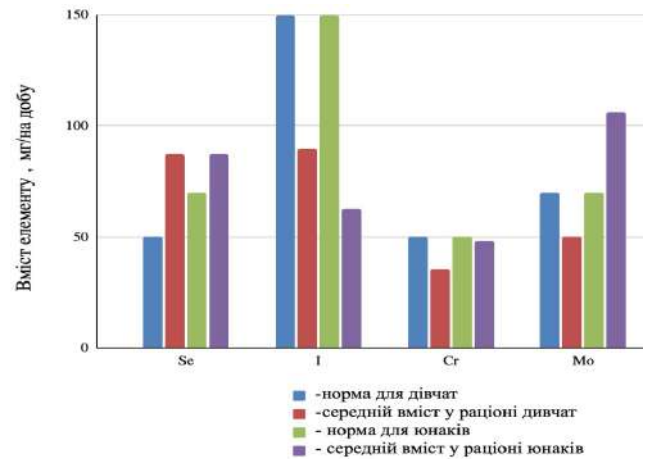


Рис. 4. Забезпечення добових потреб студентів у мікроелементах

Як видно з отриманих даних, в раціоні студентів ДНУ міститься достатню кількість Феруму, Марганцю, Селену та Купруму (рис. 3 та 4). Але треба відзначити недостатнє надходження Zn, I, Cr та Мо.

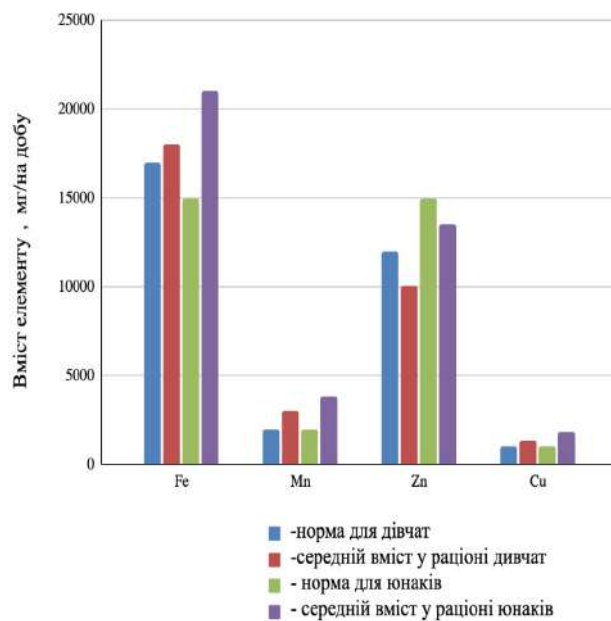


Рис. 3. Забезпечення добових потреб студентів у мікроелементах

Раціони студентів були незбалансовані як у юнаків, так і у дівчат (рис 1–4). У дівчат дефіцит за вмістом: Калію 28,7%, Кальцію 42,4%, Магнію 30,4%, Фосфору 4,2%, Цинку 16,7%, Йоду 40%, Хрому 29%, Молібдену 28,6%. У юнаків відмічається дефіцит за вмістом: Кальцію 48,8%, Магнію 4,3%, Натрію 14,4%, Цинку 10%, Йоду 58%, Хрому 4%. Вміст отримання Калію та Молібдену перевищує норми у юнаків на 16,2 та 51,4% відповідно, та недостатній у дівчат на 28,7% та 28,6%.

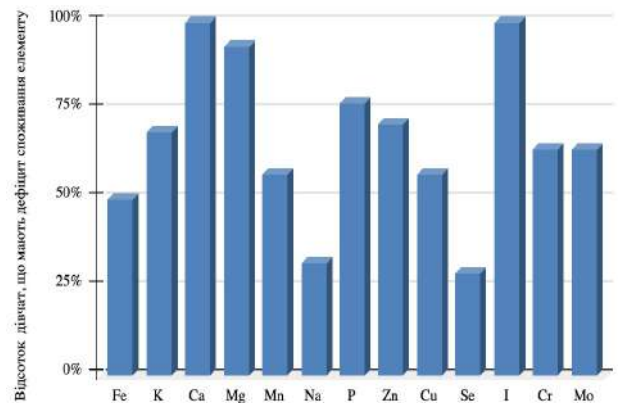


Рис. 5. Кількість дівчат (%), що мають дефіцит надходження елементів

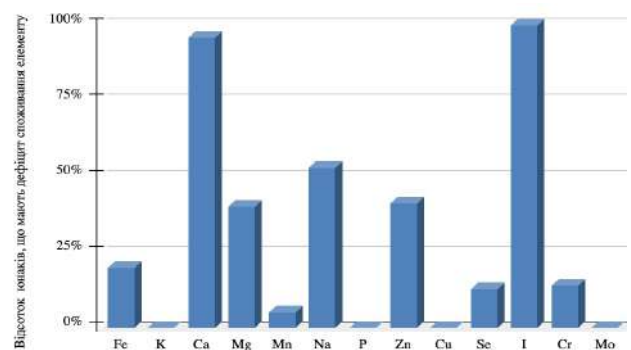


Рис. 6. Кількість юнаків (%), що мають дефіцит надходження елементів

При аналізі збалансованості раціонів харчування (рис. 5, 6) встановлено, що у 97,9% студентів виявлено дефіцит споживання Кальцію, у 82,4% – дефіцит Магнію. У всіх студентів відмічається дефіцит споживання Йоду, менший дефіцит відмічено для: Фосфору у 50,2 %, Цинку у 64,7 %, Хрому 56,2%.

### Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

При оцінці раціонів студентів визначено їх невідповідність принципу кількісної характеристики раціонального харчування. При визначенні вмісту макро- і мікроелементів в раціоні студентів отримані наступні дані: середній вміст Кальцію у добових раціонах був менше рекомендованого приблизно в 1,74 рази для дівчат та 1,29 рази для юнаків. Надходження Феруму, Марганцю, Селену та Купруму з раціонами харчування перевищує рекомендовані значення.

Неправильна організація харчування студентів безумовно пов'язана з відсутністю належного рівня знань необхідних для побудови здорового харчування, що виявляється в необ'єктивній оцінці раціонів та відсутності навичок його корекції. Підвищення рівня освіти студентської молоді з питань здорового харчування є одним із пріоритетних напрямків у мотивації до здорового способу життя. Розвиток вищої освіти в Україні слід орієнтувати на нагальні потреби підвищення рівня валеологічного спрямування, і впровадження відповідних тем, предметів в навчальний процес вищих навчальних закладів та здоров'язберігаючих технологій.

Сьогодні навіть різноманітне харчування не гарантує достатнього надходження елементів, призводить до виникнення дефіциту, заповнити який можна тільки за допомогою харчових добавок та розробки збагачених на макро- та мікроелементи харчових продуктів. Для досягнення повноцінної біологічної активності харчування, особливо в умовах його обмеження, потрібне введення до складу раціону правильно підібраних мінеральних комплексів, які виробляє сучасна фармацевтична промисловість, наприклад, Ultivit, Алфавіт, Піковіт, Вітрум.

У сучасних умовах найбільш економічно доступним і науково обґрунтованим шляхом вирішення проблеми раціонального харчування є розроблення кулінарної продукції функціонального призначення, яка є збалансованою за мінеральними речовинами та іншими біологічно активними компонентами, а також впровадження новітніх технологій кулінарної продукції функціонального призначення, а саме моделювання функціональних харчових композицій і продуктів на їх основі з використанням оптимізації вибору та співвідношень інгредієнтів, за яких можливо отримати композицію, що за кількісним вмістом і якісним складом максимально відповідає медико-біологічним вимогам.

### Список літератури

1. Чмиленко Ф.О., Сапа Ю.С., Чмиленко Т.С., Саєвич О.В. Хімічні елементи і речовини в організмі людини - у нормі та в патології. Дн-ськ: РВВ ДНУ, 2006. 216 с.
2. Abdel-Wahab M., Youssef S., Aly A., Elfiki S., Elenany N., Abbas M. A simple calibration of a whole-body counter for the measurement of total body potassium in humans. International

- Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part A. Applied Radiation and Isotopes. 1992. №43(10). P. 1285–1289. doi: [https://doi.org/10.1016/0883-2889\(92\)90208-V](https://doi.org/10.1016/0883-2889(92)90208-V)
3. Grim C.E., Luft F.C., Miller J.Z., Meneely G.R., Battarbee H.D., Hames C.G., Dahl L.K. Racial differences in blood pressure in Evans County, Georgia: relationship to sodium and potassium intake and plasma renin activity. Journal of Chronic Diseases. 1980. № 33(2). P. 87– 94. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(80\)90032-6](https://doi.org/10.1016/0021-9681(80)90032-6)
4. Dawson-Hughes B., Harris S.S., Krall E.A., Dallal G.E. Effect of calcium and vitamin D supplementation on bone density in men and women 65 years of age or older. N. Engl. J. Med. 1997. №337(10).P. 670–676. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM199709043371003>
5. Bonithon-Kopp C., Kronborg O., Giacosa A., Räth U, Faivre J. Calcium and fibre supplementation in prevention of colorectal adenoma recurrence: a randomised intervention trial. European Cancer Prevention Organisation Study Group. Lancet 2000. № 356(9238), P. 1300–1306. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)02813-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)02813-0)
6. Lappe, J.M; Travers-Gustafson, D., Davies, K.M., Recker, R.R., Heaney, R.P. Vitamin D and calcium supplementation reduces cancer risk: results of a randomized trial. The American journal of clinical nutrition 2007. № 85(6). P. 1586–1591. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.6.1586>
7. Farahnak P., Lärfars G., Sten-Linder M., Nilsson I.L. Mild primary hyperparathyroidism: vitamin D deficiency and cardiovascular risk markers. J Clin Endocrinol Metab. 2011. № 96(7). P.2112–2118. <https://doi.org/10.1210/jc.2011-0238>.
8. Lloyd-Jones, D.; Adams, R. J.; Brown, T. M.; Carnethon, M.; Dai, S.; De Simone, G.; Ferguson, T. B.; Ford, E. et al. Executive Summary: Heart Disease and Stroke Statistics--2010 Update: A Report From the American Heart Association". Circulation 2010. №121(7). P. 948–954. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.192.667>
9. Wester P.O. Magnesium. American Journal of Clinical Nutrition. 1987. №45 (5), P. 1305–1312. <https://doi.org/10.1093/ajcn/45.5.1305>
10. Law N.A., Caudle M.T., Pecoraro V.L. Manganese Redox Enzymes and Model Systems: Properties, Structures, and Reactivity. *Advances in Inorganic Chemistry*. 1998. № 46: P.305–440. [https://doi.org/10.1016/S0898-8838\(08\)60152-X](https://doi.org/10.1016/S0898-8838(08)60152-X)
11. Emsley John. Manganese. Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements. Oxford, UK: Oxford University Press. 2001. pp. 249–253
12. Sally Grantham-McGregor, Cornelius Ani. A Review of Studies on the Effect of Iron Deficiency on Cognitive Development in Children. Journal of Nutrition. 2001. № 13. P. 649S–668S. <https://doi.org/10.1093/jn/131.2.649s>
13. Brady P.G. Iron deficiency anemia: a call for. South. Med. J. 2007, 100 (10), 966–973. <https://doi.org/10.1101/a2Feshperspect.a011866>
14. Carocci A., Catalano A., Sinicropi M.S., Genchi G. Oxidative stress and neurodegeneration: the involvement of iron. *BioMetals*, 2018/ № 5, P. 715–735. <https://doi.org/10.1007/s10534-018-0126-2>
15. Агаджанян Н.А., Скальный А.В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. Москва: Издательство КМК, 2001. 83 с.
16. Сусликов В.Л. Геохимическая экология болезней. Атомиздат. Москва: Гелиос АРВ, 2002. Т.3. 670 с.
17. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.
18. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. Москва: Медицина, 1991. 496 с.
19. Смоляр В.И. Гипо- и гипермикроэлементозы. Київ: Здоровье, 1989. 450 с.
20. Кузьмінська О.В., Червона М.С. Значення раціонального харчування для підтримки здоров'я молоді: монографія. Київ: Державний інститут проблем сім'ї та молоді, Український ін-т соціальних досліджень, 2004. Т. 4. 128 с.

21. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности блюд и кулинарных изделий / Под ред. И.М. Скурихина, В. А. Шатерикова. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 328 с.
22. *Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії*, /МОЗ України. Наказ від 18.11.1999 р. № 272. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.moz.gov.ua/ua/portal/dn\\_19991118\\_272.html](http://www.moz.gov.ua/ua/portal/dn_19991118_272.html).

## References (transliterated)

- Chmilenko F.O., Sapa Yu.S., Chmilenko T.S., Saevich O.V. Chemical elements and speech in human organisms - in norm and in pathology. Dn-sk: RVV DNU, 2006. 216 p.
- Abdel-Wahab M., Youssef S., Aly A., Elfiki S., Elenany N., Abbas M. A simple calibration of a whole-body counter for the measurement of total body potassium in humans. *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part A. Applied Radiation and Isotopes*. 1992. №43(10), pp. 1285–1289. [https://doi.org/10.1016/0883-2889\(92\)90208-V](https://doi.org/10.1016/0883-2889(92)90208-V)
- Grim C.E., Luft F.C., Miller J.Z., Meneely G.R., Battarbee H.D., Hames C.G., Dahl L.K. Racial differences in blood pressure in Evans County, Georgia: relationship to sodium and potassium intake and plasma renin activity. *Journal of Chronic Diseases*. 1980. № 33(2), pp. 87–94. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(80\)90032-6](https://doi.org/10.1016/0021-9681(80)90032-6)
- Dawson-Hughes B., Harris S.S., Krall E.A., Dallal G.E. Effect of calcium and vitamin D supplementation on bone density in men and women 65 years of age or older. *N. Engl. J. Med*. 1997. №337(10).P. 670–676. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM.199709043371003>
- Bonithon-Kopp C., Kronborg O., Giacosa A., Räth U, Faivre J. Calcium and fibre supplementation in prevention of colorectal adenoma recurrence: a randomised intervention trial. *European Cancer Prevention Organisation Study Group. Lancet* 2000. № 356(9238), P. 1300–1306. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(00\)02813-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(00)02813-0)
- Lappe, J.M; Travers-Gustafson, D., Davies, K.M., Recker, R.R., Heaney, R.P. Vitamin D and calcium supplementation reduces cancer risk: results of a randomized trial. *The American journal of clinical nutrition* 2007. № 85(6). P. 1586–1591. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.6.1586>
- Farahnak P., Lärffars G., Sten-Linder M., Nilsson I.L. Mild primary hyperparathyroidism: vitamin D deficiency and cardiovascular risk markers. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011. № 96(7). P.2112–2118. <https://doi.org/10.1210/jc.2011-0238>.
- Lloyd-Jones, D.; Adams, R. J.; Brown, T. M.; Carnethon, M.; Dai, S.; De Simone, G.; Ferguson, T. B.; Ford, E. et al. Executive Summary: Heart Disease and Stroke Statistics–2010 Update: A Report From the American Heart Association". *Circulation* 2010. №121(7), pp. 948–954. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.109.192667>
- Wester P.O. Magnesium. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1987. №45 (5), P. 1305–1312. <https://doi.org/10.1093/ajcn/45.5.1305>
- Law N.A., Caudle M.T., Pecoraro V.L. Manganese Redox Enzymes and Model Systems: Properties, Structures, and Reactivity. *Advances in Inorganic Chemistry*. 1998. № 46: P.305-440. [https://doi.org/10.1016/S0898-8838\(08\)60152-X](https://doi.org/10.1016/S0898-8838(08)60152-X)
- Emsley John. Manganese. *Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements*. Oxford, UK: *Oxford University Press*. 2001. pp. 249–253.
- Sally Grantham-McGregor, Cornelius Ani. A Review of Studies on the Effect of Iron Deficiency on Cognitive Development in Children. *Journal of Nutrition*. 2001. № 13. P. 649S–668S. <https://doi.org/10.1093/jn/131.2.649s>
- Brady P.G. Iron deficiency anemia: a call for. *South. Med. J*. 2007, 100(10), 966–973. <https://doi.org/10.1101%2Fchshperspect.a011866>
- Carocci A., Catalano A., Sinicropi M.S., Genchi G. Oxidative stress and neurodegeneration: the involvement of iron. *BioMetals*, 2018/ № 5, P. 715–735. <https://doi.org/10.1007/s10534-018-0126-2>
- Agadzhanian N.A., Skalny A.V. *Chemical elements in the environment and the ecological portrait of a person* Moscow: KMK Publishing House, 2001. 83 p.
- Suslikov V.L. *Geochemical ecology of diseases*. Atomovitoses. Moscow: Helios ARV, 2002. V.3. 670 p.
- Oberlis D., Harland B., Skalny A. *Biological role of macro- and microelements in humans and animals*. St. Petersburg: Nauka, 2008. 544 p.
- Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Stochkova L.S. *Human microelementoses: etiology, classification, organopathology*. Moscow: Medicine, 1991. 496 p.
- Smolyar V.I. *Hypo- and hypermicroelementoses*. Kiev: Health, 1989. 450 p.
- Kuzminska O.V., Chervona M.S. *The value of rational eating for the promotion of healthy youth: monograph*. Kiev: Sovereign Institute for Problems of Sims and Youth, Ukrainian Institute of Social Affairs, 2004. Vol. 4. 128 p.
- Chemical composition of food products. Reference tables of the content of basic nutrients and the energy value of dishes and culinary products / Ed. THEM. Skurikhina, V. A. Shaterikova. Moscow: Light and food industry, 1984. 328 p.
- Norms of physiological needs of the population of Ukraine in the main savory rivers and energy, / MOZ of Ukraine. Order dated 11/18/1999 No. 272. [Electronic resource]. Access mode: [http://www.moz.gov.ua/ua/portal/dn\\_19991118\\_272.html](http://www.moz.gov.ua/ua/portal/dn_19991118_272.html).

Надійшла (received) .2022

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

**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)

**Саєвич Оксана Володимирівна (Саєвич Оксана Владимировна, Saevich Oksana Vladimirovna)** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної, органічної та неорганічної хімії, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7479-3304>;

E-mail: [saevichoks@gmail.com](mailto:saevichoks@gmail.com)

**Островська Ганна Олександрівна (Ostrovskaya Anna Aleksandrovna, Ostrovska Hanna Oleksandrivna)** – студентка кафедри харчових технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, Україна;  
e-mail: annaostrovskaa33@gmail.com

**Е. А. ЧЕРНУШЕНКО, О. В. САЄВИЧ, А. А. ОСТРОВСКАЯ**

### **ПУТИ ОБОГАЖЕНИЯ ПИЩЕВЫХ РАЦИОНОВ СТУДЕНТОВ БИОГЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

Для сохранения и укрепления здоровья молодежи одной из задач государства в области здорового питания является развитие производства пищевых продуктов функционального назначения, обогащенных необходимыми макро- и микроэлементами; разработка добавок биологически активных веществ и ориентирование высшего образования на повышение уровня образования студентов валеологического направления, и внедрение соответствующих тем, предметов в учебный процесс высших учебных заведений. Статья посвящена проблеме мониторинга химических веществ в питании студенческой молодежи в современных условиях. С помощью анкетирования и методики определения содержания микро- и макроэлементов в суточном рационе выявлено несоблюдение принципов рационального питания студентами дневной формы обучения, что отрицательно сказывается на состоянии их здоровья. Для всех студентов дневной формы обучения отмечается дефицит потребления Йода, дефицит Фосфора в 50,2%, Цинка в 64,7%, Хрома 56,2%. ,95 раза для юношей и обнаружен дефицит потребления Кальция у 97,9% студентов, у 82,4% – дефицит Магния. Поступление Ферума, Марганца, Селена и Купрума с рационами питания превышает рекомендуемые значения. Изучение качества рациона студентов младших курсов показало, что большинство студентов имеет полидефицитное, разбалансированное по микро- и макроэлементам питание, а также отсутствие сознательного отношения к питанию. Выявлен низкий уровень умений и навыков студентов в организации собственного питания. Недостаточный уровень знаний о надлежащем питании является потенциальным фактором ухудшения здоровья, возникновения первичных и вторичных алиментарных заболеваний, снижения умственной работоспособности. Предложены пути повышения уровня знаний по практической нутрициологии студентов высшей школы и пути решения проблемы сбалансированного питания студентов как эффективного условия улучшения состояния их здоровья как эффективного условия улучшения состояния их здоровья. Установлено, что одной из приоритетных задач современности является повышение уровня образования студенческой молодежи по вопросам здорового питания.

**Ключевые слова:** микроэлементы, макроэлементы, физиология питания, студенты, здоровье, рацион питания, режим питания, принципы рационального питания.

**О. О. ЧЕРНУШЕНКО, О. В. САЄВИЧ, Г. О. ОСТРОВСЬКА**

### **ШЛЯХИ ЗБАГАЧЕННЯ ХАРЧОВИХ РАЦІОНІВ СТУДЕНТІВ БІОГЕННИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ**

Для збереження та укріплення здоров'я молоді однією з задач держави в області здорового харчування є розвиток виробництва харчових продуктів функціонального призначення збагачених необхідними макро- та мікроелементами; розробка добавок біологічно активних речовин та орієнтування вищої освіти на підвищення рівня освіти студентів валеологічного спрямування, і впровадження відповідних тем, предметів в навчальний процес вищих навчальних закладів. Стаття присвячена проблемі моніторингу хімічних речовин у харчуванні студентської молоді в сучасних умовах. За допомогою анкетування та методики визначення вмісту мікро- та макроелементів у добовому раціоні виявлено недотримання принципів раціонального харчування студентами денної форми навчання, що негативно впливає на стан їхнього здоров'я. Для усіх студентів денної форми навчання відмічається дефіцит споживання Йоду, дефіцит Фосфору у 50,2 % , Цинку у 64,7 %, Хрому 56,2% Середній вміст Кальцію у добових раціонах був менше рекомендованого приблизно в 1,7 рази для дівчат та 1,95 рази для юнаків і виявлено дефіцит споживання Кальцію у 97,9 % студентів, у 82,4% - дефіцит Магнію. Надходження Феруму, Марганцю, Селену та Купруму з раціонами харчування перевищує рекомендовані значення. Вивчення якості раціонів студентів молодших курсів показало, що більшість студентів має полідефіцитне, розбалансоване за мікро- та макроелементами харчування, а також відсутність свідомого ставлення до харчування. Виявлено низький рівень вмінь і навичок студентів в організації власного харчування. Недостатній рівень знань про належне харчування є потенційним чинником погіршення здоров'я, виникнення первинних і вторинних алиментарних захворювань, зниження розумової працездатності. Запропоновано шляхи підвищення рівня знань з практичної нутрициології студентів вищої школи та шляхи вирішення проблеми збалансованого харчування студентів як ефективної умови покращання стану їхнього здоров'я як ефективної умови покращання стану їхнього здоров'я. Встановлено, що одним з пріоритетних завдань сьогодення є підвищення рівня освіти студентської молоді з питань здорового харчування.

**Ключові слова:** мікроелементи, макроелементи, фізіологія харчування, студенти, здоров'я, раціон харчування, режим харчування, принципи раціонального харчування.

**S. BUKHKALO, A. AGEICHEVA, M. MOSKALENKO, I. ROZHENKO, O. BELYANSKIY**

### **PROFESSIONAL COMPETENCE FORMATION WHILE TRAINING FIELD TRANSLATION SPECIALISTS**

The importance of professional competence formation while training field translation specialists is analyzed. It has been proved that training translation is of great importance for the country for establishing international relationships around the world. 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 very important and necessary for further study of the field translation specialists training. The materials of the article consider the possibilities for determining the goals of education of university students in order to further develop the components of complex projects. Developments have been carried out using modern, highly efficient, science-based technologies for the use of raw materials, for example, from the types of analysis of raw materials and products to the choice of polymer packaging and packaging at various stages of operation and disposal. Examples and some features of possible learning solutions based on experimental data of development of mechanisms of identification-classification of processes and their scientific substantiation in the form of objects of intellectual property are presented.

**Key words:** Field translation, training, professional competence, example, Information Technology, Master training

**Introduction.** The current economic situation in the labor market requires high competence in the main specialty and well-developed knowledge mobility of university graduates in various spheres of life. For quick adaptation in the professional and social spheres, an employee needs professional competencies that do not lose their significance when the production technology changes and help to work effectively when changing the main profession.

Professional competence is a necessary component of a person's professionalism, formed in the process of higher professional education. High competence in the main specialty and a developed mobility of knowledge in various areas of life can give a young specialist training in a Master's degree, which is especially important in the current economic situation in the labor market. Translation sphere plays an important role in the development of the domestic economy as a whole. In this regard, the state of professional training of Masters in field translation the prospects for its improvement and development are considered as one of the most important tasks of educational policy. In addition to the increased volume and depth of professional knowledge, today a Master in translation needs to have non-standard thinking, developed professionally significant qualities, possess communication skills, implement a creative approach to solving not only technological and technical, but also socio-economic, environmental, research problems, while using a wide synthesis of interdisciplinary knowledge. The competence model of a

Master in field translation includes the following groups of competencies: social and personal, economic and organizational and managerial, general scientific, general professional and special. Socio-personal, economic and organizational-management, general scientific and general professional competencies serve as a foundation that allows the graduate to flexibly navigate the labor market and be prepared for continuing education. The formation of professional competence of

specialists is a step-by-step process of professional and personal development.

Professional competence develops as Masters acquire certain competencies. It is necessary to create such conditions in the system of higher professional education that would contribute to the development of basic professional competencies. The question arises, how to ensure such a level of training for undergraduates? How to purposefully form, develop and consolidate the competencies necessary for the professional activities of Masters? Pedagogical science still faces unresolved tasks of creating effective didactic systems based on the use of such forms and methods of teaching that would ensure intensive mastery of core competencies and contribute to more effective development of the individual. In order to achieve a practical orientation, strength and effectiveness of knowledge, it is important not only to organize the process of their assimilation in a different way, but also to make serious adjustments to all forms of control over the educational work of undergraduates.

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

So, the formation and development of the basic professional competencies of future Masters is one of the main trends in the development of modern higher professional education. On the other hand, the development of basic professional competencies among undergraduates of technical universities is one of the little-developed, but especially important areas in solving the problems of improving the efficiency of the educational process and the quality of Masters' training. In this study, an attempt was made to theoretically substantiate and experimentally prove the possibility of forming the basic professional competencies of future Masters in field translation in the terms of experimental integrated learning.

© Bukhkalov S., Ageicheva A., M. Moskalenko, Rozhenko I., Belyanskiy O., 2022

**The main purposes of this paper are:**

the identification, theoretical justification and experimental verification of pedagogical conditions that contribute to the effective formation of professional competence of undergraduates

**The main part.**

The concepts of “competence-based approach” and “key competencies” have become widespread relatively recently in connection with discussions about the problems and ways improving education. Appeal to these concepts is associated with the desire to determine the necessary changes in education. The conceptual

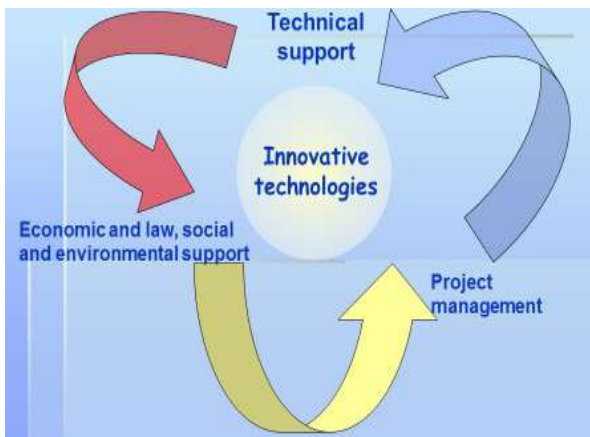


Figure 1. Design technology improvement areas

The competence-based approach is a set of general principles for determining the goals of education, selecting the content of education, organizing the educational process and evaluating educational results. These principles include the following provisions:

- The purpose of education is to develop the ability of students to independently solve problems in various areas and activities based on the use of social experience, an element of which is the students' own experience.
- The content of education is a didactically adapted social experience in solving cognitive, ideological, moral, political and other problems.
- The meaning of the organization of the educational process is to create conditions for the formation of students' experience of independent solution of cognitive, communicative, organizational problems that make up the content of education.
- Evaluation of educational outcomes is based on an analysis of the levels of education achieved by students at a certain stage of education.

Many ideas of the competency-based approach emerged as a result of studying the situation in the labor market and as a result of determining the requirements that are formed in the labor market in relation to the employee. The concept of a "good employee", of course, includes the qualities of a good specialist, i.e. certain special, professional training. But a good employee is a person who can work in a team, can make independent decisions, is proactive, capable of innovation. From the

apparatus that characterizes the meaning of the competence-based approach in education has not yet been established. However, some essential features of this approach can be identified (for example 1, figure 1 and 2) [1–5]. The presented material is characterized by a variety of topics and tasks that correspond to the main sections of the course «General technology of the food industry» with the inclusion of sections «Classification of the main laws of food technology» and «Main characteristics of complex projects of an innovative industrial enterprise», which expands the possibilities of training bachelors.

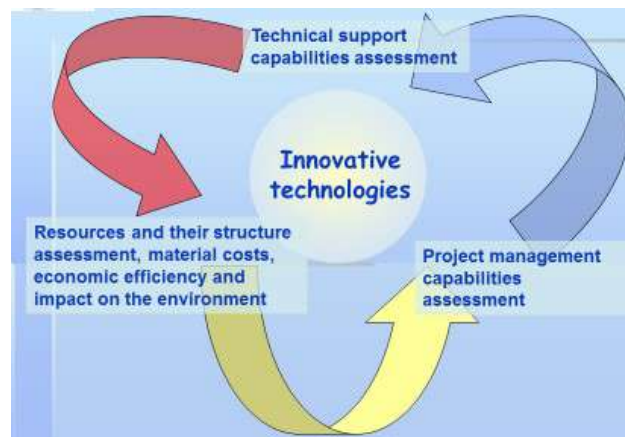


Figure 2. Techniques for improving design technology standpoint of the competency-based approach, the main direct result of educational activity is the formation of key competencies. When implementing the competency-based approach, a number of theoretical and methodological issues arise, but the main question remains: what is the difference between the competency-based approach and the traditional approach.

In the history of science, there are many approaches that can be classified on various grounds. By scientific disciplines: philosophical, psychological, pedagogical, anthropological, interdisciplinary, etc. According to the object of application: activity, cultural, personal, etc. By organization of consideration (analysis): systemic, complex, structural, etc. The competence-based approach is systemic, interdisciplinary. It is characterized by both personal and activity aspects, i.e. has a practical, pragmatic and humanistic orientation. For the preparation of masters with high professional competence, it is necessary to take into account the professional and personal qualities that they must possess as qualified workers: competence; independence; a responsibility; mobility; analytical thinking; information, legal and environmental culture; entrepreneurial and creative activity; willingness to constantly update knowledge, etc.

The implementation of the educational program for the preparation of masters in the electrical engineering direction provides for the fulfillment of a number of requirements for the professional and personal training of a certified specialist. That is, it is necessary to build a model based on the analysis of social, industrial and

other types of activity of an engineer, taking into account the prospects for the development of science, technology and society as a whole, and allowing to single out a system of personality qualities that ensure its self-development, self-improvement and self-learning to fulfill emerging in the process of life tasks.

The concept of a specialist model is capacious and diverse. [6]. The problem of wastes utilization and recycling is present as complex research and analysis of energy- and resource saving processes for treatment of polymer wastes of various origin [1–29]. As an example 2 of synergetic approach to polymer figure 3 – 6.

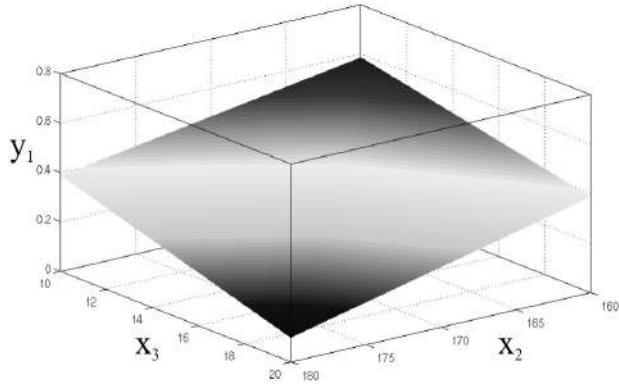


Figure 3:  $X_1=4$

$$Y_4 = 0,280 - 0,083x_1 - 0,120x_2 - 0,130x_3 - 0,002x_1x_2 - 0,007x_1x_3 + 0,050x_2x_3 + 0,073x_1x_2x_3$$

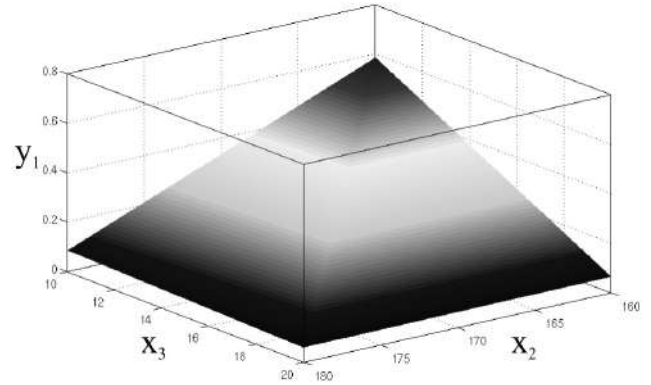


Figure 4:  $X_1=2$

$$Y_4 = 0,280 - 0,083x_1 - 0,120x_2 - 0,130x_3 - 0,002x_1x_2 - 0,007x_1x_3 + 0,050x_2x_3 + 0,073x_1x_2x_3$$

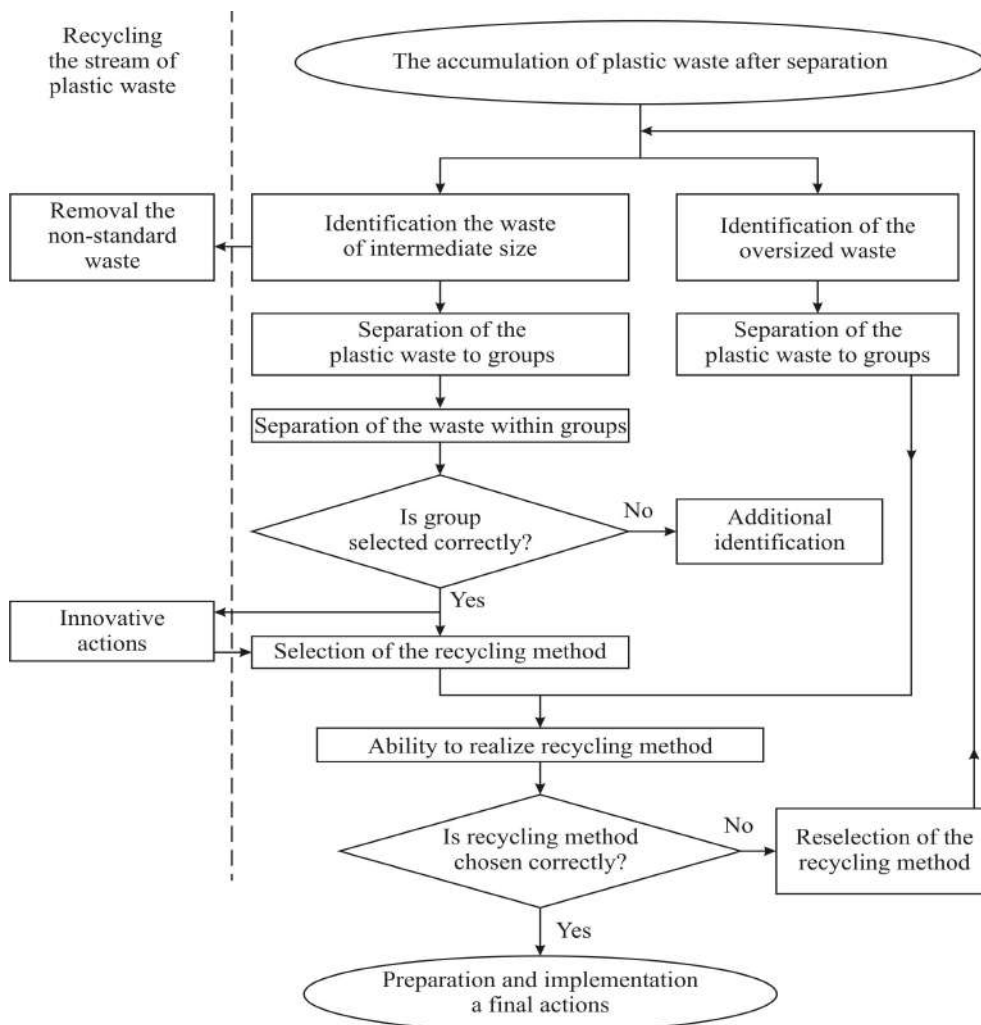


Figure 5. Study and analysis of identification



Figure 6. Study and analysis of the course «General technology of the food industry»

The indicators for assessing the competence of a specialist are:

- professional knowledge, including data of pedagogical sciences (facts, ideas, concepts, current state and different views on the problem), erudition, free presentation of material, etc.;

- the level of communicative culture, taking into account the ability to express thoughts in written and oral form; the ability to interest and explain the material, to argue, debate; give reasoned opinions, specifically answer questions; understand and listen;

- the desire for professional growth, determined by the presence of awareness, the need and importance of professional growth; possession of methods for solving professional problems; the ability to achieve goals;

- the criterion of "ability to reflect", which includes the ability to evaluate oneself, highlighting the positive and negative aspects in the personal and professional sphere; the ability to realistically take into account their capabilities and resources. As follows from the above list of types and generalized tasks of activity, the master receives an education of a higher quality (level), which should provide him with additional opportunities in the field of professional activity compared to the bachelor, including the right to independently conduct individual work (projects), make the necessary decisions, etc.

The cognitive basis of all competencies is scientific knowledge, but this aspect is most pronounced in the preparation of masters, which ensures the ability of these

graduates to solve complex issues and make independent decisions. A higher level of master's training gives him the opportunity to engage in scientific research, development and discovery. In addition, the master should have communicative competencies to a much greater extent than the bachelor. This is due to the fact that the work of a master is possible both in the field of man-man and in the field of man-machine, while the bachelor is prepared mainly for work in the field of man-machine. To ensure the possibility of adapting a graduate to a dynamically developing field of engineering and technology, he must have a broad outlook, general technical education that goes beyond the general education formed by a secondary school.

Fundamental knowledge that determines general technical education should be formed as a result of the student's mastering the cycles of natural science and mathematical disciplines, as well as general knowledge for a wide range of professions, knowledge in the field of organizational and managerial activities, information technology, materials science, electrical engineering, engineering graphics and etc. So, the formation of the master's professional competence is a step-by-step process of professional and personal development. Professional competence develops as the master acquires certain competencies.

Pedagogy in the context under consideration finds itself in a contradictory situation: on the one hand, it deals with the unique personality of the student and, in



this sense, there cannot be a prototype for it, which means that it is possible to reproduce a certain quality of a social object (a person of a certain society) only with a certain degree of conventionality, and on the other hand, the institution of an educational institution is called upon to reproduce «social objects» of a strictly defined quality, a certain standard.

A socio-economic analysis of the development of modern professional technologies allows us to identify the main factors that determine the need to introduce the concept of key competencies into the practice of training and assessing specialists:

- economic uncertainty, containing the threat of unemployment and necessitating a continuous increase in the level of education and qualifications;
- change in the organizational structure of production: instead of a hierarchical vertical structure - a command (network) organization; wide distribution of the anthropocentric system of production;
- decentralization of the decision-making process, as a result of which the ability to work independently, analyze difficult situations and make responsible decisions is becoming increasingly important;
- widespread introduction of computer technologies into production, service and everyday life, replacement of conveyor-assembly production with a flexible, computer-controlled one;
- the presence of many languages and cultures, which implies a thorough humanitarian training and knowledge of 2 – 3 foreign languages.

Here are five core competencies that are given particular importance in the vocational education of the European Community:

- social competence - the ability to take responsibility, jointly develop a solution and participate in its implementation, tolerance for different ethnic cultures and religions, manifestation of conjugation of personal interests with the needs of the enterprise and society;
- communicative competence, which determines the possession of technologies of oral and written communication in different languages, including computer programming, including communication via the Internet;
- socio-informational competence, which characterizes the possession of information technologies and a critical attitude to social information disseminated by the media;
- cognitive competence - readiness for continuous improvement of the educational level, the need to update and realize one's personal potential, the ability to independently acquire new knowledge and skills, the ability to self-develop;
- special competence - readiness for independent performance of professional actions, evaluation of the results of one's work.

An indispensable requirement for a young specialist is the ability to adapt steadily in a rapidly changing technical production situation; for a specialist, flexibility, professional and psychological mobility, and readiness

for constant retraining are important. But retraining is not only the acquisition of knowledge, it implies a certain base, a foundation of knowledge that allows you to operate with them, increase them, and, if necessary, quickly change your specialty. Flexible systems of production will require flexible systems for training specialists. Studies in the field of professional competencies show that in most cases, an employee (specialist) is required to have abilities that are not directly related to the subject content of the specialty, but are of an extrafunctional nature.

There are social, professional and special competence. Social competence is the ability of a specialist to quickly adapt to various national, cultural, material, industrial and economic environments, which is possible on the basis of his discipline, responsibility, activity, entrepreneurial spirit, sociability, good manners, and the ability to work in a team. Social competence determines the desire of a specialist to improve his educational potential and status up to the occupation of a managerial position. This competence is manifested in the social mobility of a person.

Professional competence is a system of knowledge, skills, skills that ensure the performance of professional activities of a wide profile (in related specialties). Professional competence is determined by the range of general technical knowledge, skills and abilities and is expressed in the professional mobility of a specialist.

Special competence is the knowledge, skills and abilities necessary for the implementation of professional activities directly at a particular workplace.

There are three levels of competencies:

- narrow range – highly specialized, monoprofessional;
- medium range - for a certain group of professions;
- wide range - not associated with any profession.

The formation of students' professional competence is changing under the influence of the dynamics of professional and life values, motivation for learning, the development of new types of educational institutions, and the expansion of the range of training and education technologies. In general, the humanization of vocational education has shown and activated the flexibility of professional intentions, the mobility of interests; there is a more complex structure of motives for professional self-training. The current situation on the labor market in many respects smooths out the problem of the rigidity of professional choice. The pedagogical process has wide and varied possibilities for the formation of a student's professional competence.

Here is a list of opportunities for the educational process of a technical university to form the professional competence of future masters:

- availability of basic training courses,
- the inclusion of specialization for mastering the theoretical foundations of entering the profession with an awareness of the importance of the unity of general and vocational education,
- the use of educational and industrial practices for the acquisition of professional experience by the method

of professional trials; professionally significant simulation professional situations in the system of laboratory and practical classes, pedagogical technologies for supervising the individual style of the future professional,

- orientation of the master to self-knowledge of the features and capabilities of his personality in accordance with the requirements of the profession, interest in self-development of professionally necessary qualities,

- striving for versatility of development for the purpose of possible future self-realization in situations of professional activity,

- awareness of the need to update the professionally significant qualities of a person in the process of learning according to the profile of the faculty, the ability to control and evaluate processes, the effectiveness of activities, etc.

The educational and educational process of a technical university is capable, using the potential possibilities of solving problems and forming the professional competence of a specialist, to provide pedagogical conditions aimed at “corresponding” the educational and educational process of a university to the main characteristics of future professional activity. So, the formation of professional competence is the process of successful mastering the profession, the emergence of integrativeness of personal quality, which allows the master to be ready to solve professional problems, realizing social responsibility for the consequences of their solution and building a favorable personal perspective. In addition, we believe that one of the regularities in the formation of professional competence is the presence of motivation to master a profession.

Of all the pedagogical conditions, we single out, in our opinion, the optimal ones that affect the development of the basic professional competencies of a student in a certain direction:

- conditions that ensure the participation of teachers in the development of the basic professional competencies of future specialists;

- conditions that ensure the participation of undergraduates in the development of basic professional competencies as active subjects of self-development;

- conditions affecting the formation of basic professional competencies, which are provided by the educational and professional environment.

Innovative processes in education are based on scientific developments, including managing the quality of the state of pedagogical reality and explaining the reasons that led to such a state, and provide for the purposeful creation of new forms of external and internal activities of subjects of pedagogical interaction using model representations, with their subsequent implementation, if available. the following conditions: a system-holistic approach to the organization of training; professional competence of the teacher and his readiness for innovation; technological support of the educational process (educational programs, didactic materials, automation tools).

The creative activity of the subjects of the educational process is closely connected with the theory of pedagogical practice, with forecasting, organization, planning, modeling, and management of the educational process. Therefore, the design of didactic technologies requires a systematic and holistic approach to solving educational problems and tasks in a technical university.

The list of requirements for a young specialist allows us to draw the following conclusions:

1. In production, in modern conditions, the role of qualities of not only professional, but also personal nature of an engineer has increased.

2. The demand for integrated knowledge and skills of a modern specialist has increased.

3. The role of abilities and skills to carry out economically sound actions and make rational decisions has increased.

4. In production, integrated, interdisciplinary knowledge and knowledge of information technologies are in demand.

Undoubtedly, changes in the basic model of a young specialist entail a transformation in the technology of his training, associated not only and not so much with adjusting the content of education, but with the use of innovative teaching methods. There is a need to design innovative technologies based on interdisciplinary and other types of integration. This statement is based on the fact that a young specialist must have not only integrated knowledge and skills, but also an integrated consciousness, which, in our opinion, can be formed in the process of experimental integrated learning.

Translation competence includes linguistic, communicative, text-forming, technical competence, as well as the personal characteristics of the translator. The main components of modern information technology in the translation business should primarily include: information and reference; accumulation, archiving, search and restoration tools of fragmented translations; formatting and conversion means of text data; translation texts localization means; tools for translation quality control (References, Figure 6).

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

Master's professional competence is a capacious and diverse concept. Obtaining such a model involves the description of a large number of intertwining factors, which in many cases is difficult to correctly interpret using mathematical and statistical methods of analysis and data presentation forms.

Competency models of masters have a certain degree of adequacy (compliance) and describe: a set of competencies that a specialist (a university graduate) should have; a set of activities and generalized tasks for which he is prepared; the degree of preparedness for solving a complex of generalized tasks in relation to a wide range of objects of activity [17–29].

#### **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 «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2020. – № 5(1359). – С. 3–10. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01
- DePalma D. Business without Borders. A Strategic Guide to Global Marketing / A. Donald DePalma. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2002. 267 p.
  - Esselink B. A Practical Guide to Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2000. 488 p.
  - Esselink B. A Practical Guide to Software Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 1998. 309 p.
  - Hutchins J. у H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
  - Lagoudaki E. The Value of Machine Translation for the Pro-fessional Translator. AMTA-2008. MT at work: Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki, Hawaii, 21–25 October, p. 262–269.
  - Martin Kay. The Proper Place of Men and Machines in Language Translation. Machine Translation 12: 3–23, 1997. 9. Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki.
  - S. Bukhhalo. The system and models of complex treatment of industrial effluents. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП», с. 170.
  - Yunker J. Beyond Borders. Web Globalization Strategies / John Yunker. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.
  - Zetzsche J. Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
  - 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.
  - S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. X :НТУ «ХП». 205 с.
  - S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. X :НТУ «ХП». 206 с.
  - 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. X :НТУ «ХП». 201 с.
  - 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. X :НТУ «ХП». 208 с.
  - 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.
  - Бухкало С.І. и др. Математическое моделирование как инструмент модификации отходов полимеров. Вісник НТУ «ХП». 2010, вип. 32, – с. 52–59.
  - Бухкало С.І. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХП», 2005, № 2, – с. 29–33.
  - Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП». 2014, № 16, – с. 3–11.
  - Бухкало С.І. Синергетичні процеси утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2017, № 41 (1263), – с. 17–27.
  - Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2018, – № 18 (1294), – с. 36–44.
  - 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.
  - Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyanskyu 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.
  - 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.
  - Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
  - Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 217.
  - Пріщенко О.П., Черногор Т.Т., Бухкало С.І. Деякі особливості проведення кореляційного аналізу. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 320.
  - 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, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 342.
  - 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, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 343.

#### References (transliterated)

- 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'shhoji osvity. Visnyk NTU «KhPI». Kharkiv: NTU «KhPI», 2020. – No. 5(1359). – pp. 3–10. DOI: 10.20998/2220-4784.2020.05.01
2. DePalma D. Business without Borders. A Strategic Guide to Global Marketing / A. Donald DePalma. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2002. 267 p.
  3. Esselink B. A Practical Guide to Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 2000. 488 p.
  4. Esselink B. A Practical Guide to Software Localization / Bert Esselink. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 1998. 309 p.
  5. Hutchins J. y H. Somers: An Introduction to Machine Translation. London : Academic Press, 1992.
  6. Lagoudaki E. The Value of Machine Translation for the Professional Translator. AMTA-2008. MT at work: Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki, Hawaii, 21–25 October, p. 262–269.
  7. Martin Kay. The Proper Place of Men and Machines in Language Translation. Machine Translation 12: 3–23, 1997. Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Waikiki.
  8. S. Bukhhalo. The system and models of complex treatment of industrial effluents. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 170.
  9. Yunker J. Beyond Borders. Web Globalization Strategies / John Yunker. Boston ; Indianapolis; London; New York; San Francisco : New Riders, 2003. 552 p.
  10. Zetzsche J. Machine Translation Revisited. Translation Journal. Volume 11, No. 1, January, 2007.
  11. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I., Ol'hov's'ka V.O. ta in. Pry'klad postanovky zadachi eksperymentu Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ja: tezy dopovidej XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferenciyi MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: u 5 ch. Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Harkiv: NTU «ХПІ», s. 171.
  12. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.І. Kharkiv: NTU «KhPI», 205 p.
  13. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018r. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. Kharkiv: NTU «KhPI», 206 p.
  14. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018 r. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. Harkiv: NTU «HPI», 201 p.
  15. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018 r. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. Harkiv: NTU «HPI», 208 p.
  16. Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnih zmin pri eksploatacii polimernih virobiv. Integrovani tehnologii ta energoberezhennja. Visnyk NTU «KhPI». Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. № 3, pp. 52–57.
  17. Bukhhalo S.I. i dr. Matematicheskoe modelirovanie kak instrument modifikacii othodov polimerov. Visnyk NTU «KhPI». Kharkiv: NTU «KhPI». 2010, vip. 32, pp. 52–59.
  18. Bukhhalo S.I. K vo'prosu jenergosberezenija processa aglomerovanija polimernoj upakovki. Integrovani tehnologii ta energoberezhennja. Harkiv: NTU «HPI», 2005, № 2, pp. 29–33.
  19. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishhij navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «HPI». Harkiv: NTU «HPI». 2014, № 16, pp. 3–11.
  20. Bukhhalo S.I. Sinergetichni procesi utilizacii-modifikacii polimernoj chastki TPV. Visnik NTU «HPI». – Harkiv: NTU «HPI». 2017, № 41 (1263), pp. 17–27.
  21. Bukhhalo S.I. Sinergetichni modeli dlja ekologichnobepechnih procesiv identifikacii-klasifikacii vtorinnyh polimeriv. Visnik NTU «HPI». – Harkiv: NTU «HPI». 2018, № 18 (1294), pp. 36–44.
  22. Bukhhalo S.I., Ol'hov's'ka O.I., Iglin S.P., Zipunnikov M.M. Mozhlivosti rozvitku kompetentnostej ekologichnobepechnih proektiv utilizacii-modifikacii. Visnik NTU «HPI». – Harkiv: NTU «HPI». 2018, № 18 (1294), pp. 3–9.
  23. 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.
  24. 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.
  25. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
  26. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovyh proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Harkiv: NTU «HPI». 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 HHVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Harkiv: NTU «HPI», p. 320.
  28. Sirku M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannja kompleksnogo vznachennja vlastivostej sirovini u mezah kursovyh proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Harkiv: NTU «HPI», p. 342.
  29. Sitnik V.V., Jacenko B.S., Bukhhalo S.I., Cirku M.A., Kas'jan A.S., Osa O.V. Vznachennja eksperimental'nyh vlastivostej sirovini u mezah kursovyh proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Harkiv: NTU «HPI», p. 343.

Надійшла (received) 19.05.2019

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

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

**Агейчева Анна Олександрівна (Агейчева Анна Александровна, Ageicheva Anna Oleksandrivna)** – кандидат педагогічних наук, 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 (Белянский Александр Николаевич, Belyanskiy Oleksandr Mykolaiivych)** – магістрант кафедри германської філології та перекладу, Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка»

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-0660> e-mail: [ageicheva@ukr.net](mailto:ageicheva@ukr.net)

**Москаленко Марина Володимирівна (Москаленко Марина Владимировна, Moskalenko Maryna Volodymirivna)** – викладач кафедри загального мовознавства та іноземних мов, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6135-5652> e-mail: [triksi1309@gmail.com](mailto:triksi1309@gmail.com)

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

**С. БУХКАЛО, А. АГЕЙЧЕВА, М. МОСКАЛЕНКО, І. РОЖЕНКО, О. БЕЛЯНСЬКИЙ  
ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЗА СПЕЦІАЛОМ ПІДГОТОВКИ  
СПЕЦІАЛІСТИ-ПЕРЕКЛАДИ**

Проаналізовано важливість формування професійної компетентності під час підготовки фахівців польового перекладу. Доведено, що навчання перекладу має велике значення для країни для встановлення міжнародних відносин у всьому світі. 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 є дуже важливими та необхідними для подальшого вивчення підготовки фахівців перекладу. У матеріалах статті розглядаються можливості визначення цілей навчання студентів ВНЗ з метою подальшого розвитку компонентів комплексних проектів. Розробки велися з використанням сучасних, високоєфективних, науково обґрунтованих технологій використання сировини, наприклад, від видів аналізу сировини і продукції до вибору полімерної тари та упаковки на різних етапах експлуатації та утилізації. Наведено приклади та деякі особливості можливих навчальних рішень на основі експериментальних даних розробки механізмів ідентифікації-класифікації процесів та їх наукового обґрунтування у вигляді об'єктів інтелектуальної власності.

Ключові слова: польовий переклад, навчання, професійна компетентність, приклад, інформаційні технології, магістерська підготовка.

**С. БУХКАЛО, А. АГЕЙЧЕВА, М. МОСКАЛЕНКО, И. РОЖЕНКО, О. БЕЛЯНСКИЙ  
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ  
СПЕЦИАЛИСТЫ ПО ПЕРЕВОДУ**

Анализируется важность формирования профессиональных компетенций при подготовке кадров-переводчиков. Доказано, что обучение переводу имеет большое значение для страны для налаживания международных связей по всему миру. Исследуются основные аспекты профессиональной компетентности. Проведен комплексный анализ формирования профессиональных компетенций при подготовке кадров-переводчиков. Выявлены особенности формирования профессиональной компетентности. Описано изучение основных аспектов трансляции тренировочного поля. Определено, что для переводчика важно иметь профессиональную компетентность. Результаты этой работы очень важны и необходимы для дальнейшего изучения вопросов подготовки специалистов в области перевода. В материалах статьи рассматриваются возможности определения целей обучения студентов вуза с целью дальнейшей разработки компонентов комплексных проектов. Велись разработки с использованием современных высокоэффективных, наукоемких технологий использования сырья, например, от видов анализа сырья и продукции до выбора полимерной тары и тары на различных этапах эксплуатации и утилизации. Приведены примеры и некоторые особенности возможных обучающих решений на основе экспериментальных данных разработки механизмов идентификации-классификации процессов и их научного обоснования в виде объектов интеллектуальной собственности.

Ключевые слова: Полевой перевод, обучение, профессиональная компетентность, пример, информационные технологии, магистерская подготовка.

**В. О. КРАВЧЕНКО, С. І. БУХКАЛО, С. П. ІГЛІН**

## ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РІЗНОВИДІВ ГАЛУЗЕЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Розглянуто можливості визначення та застосування складових інформаційних та обчислювальних технологій для різновидів спеціальностей навчання студентів. У роботі представлено приклади формування комплексних знань про принципи побудови та функціонування програмного визначення можливостей ефективного використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій у професійній діяльності інженера-технолога за різновидами спеціалізації студентів починаючи з першого курсу навчання. Деталізовано та проаналізовано: складові інформаційних систем за різновидами діяльності; приклади бізнес-процесів обраної предметної області, визначення бізнес-функцій та бізнес-процесів, постановка задачі. Розроблені вимоги до інформаційної системи, та визначення функціональних вимог до інформаційної системи. Визначені критерії логічного та фізичного моделювання баз даних; розроблено UML моделювання клієнтської частини інформаційної системи. Проведена розробка з урахуванням вимог до функцій серверної частини та інтерфейсу клієнтської частини інформаційної системи, описані можливості проектних рішень, розроблено інтерфейс клієнтської частини системи, створення бази даних для обраної платформи; розроблені засоби збереження процедур, функції для серверної частини інформаційної системи (ІС) та інтерфейс клієнтської частини ІС. Описане математичне обґрунтування застосованого алгоритму та зроблені необхідні висновки.

**Ключові слова:** інформаційні та обчислювальні технології; приклади і задачі; предметна область; функції та опис; висновки.

### Вступ.

У період проведення бойових дій Україна, як ніколи, відчуває потребу розвитку складових різновидів інформаційних технологій. Різновиди галузей промисловості, науки, та інших сфер діяльності суспільства можна визначити як ключові для зберігання, обробки та підтримки цілісності усієї інформації, а також розвитку навіть у такі складні часи захисту України [1–5].

В останній рік із-за обмежень, пов'язаних з бойовими діями, все більше комерційних підприємств починають працювати в онлайн-режим. Також все більше покупців бажають робити всі покупки в Інтернеті, для того, щоб забезпечити себе та оточуючих працівників підприємства від небезпеки, і заодно заощадити час. Розробка веб-додатків для різних магазинів стає все більш затребуваною, і все більше продавців починають розуміти переваги веб-додатків.

Предметом статті є визначення та аналіз предметної області прикладів та складових дослідження з визначенням бізнес-процесів та постановки задачі для них, яке може бути представлено, наприклад, у вигляді різновидів інформаційних технологій.

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

**Приклад 1.** Подовжені роботи у групі студентів з метою розробки комплексних проектів НТУ «ХПІ» [6–20]. Ключові питання визначення інноваційного об'єкту навчання: визначення спеціалізації груп і дала через складові навчання до концептуального моделювання, наприклад, визначення можливостей та оцінки алгоритмів загальної хімічної та харчової технології існує багато критеріїв, наприклад, алгоритм визначення раціональної роботи різновидів обладнання. Найчастіше аналіз алгоритму (або, як

кажуть, аналіз складності алгоритму) полягає в оцінці витрат часу на розв'язок задачі в розрахунку на одиницю вхідних даних (табл. 1). Складність алгоритму оцінюється також кількістю апаратних ресурсів, зокрема обсягом пам'яті, задіяної для виконання даного алгоритму.

Таблиця 1. Визначення складових систем інформаційних технологій [2–20]

Назва етапів роботи
Аналіз системи предметної області інноваційного об'єкту спеціалізації навчання
Опис сутностей та зв'язків системи у вигляді різновидів задач за різновидами складових галузі
Визначення атрибутів сутностей системи та їх доменів
Опис науково-обґрунтованої схеми даних задачі
Побудова концептуальної моделі інноваційного об'єкту
Нормалізація відношень інноваційного об'єкту
Побудова логічної моделі інноваційного об'єкту та ін.

Щоб довести до користувача алгоритми в залежності від їх призначення, вони мають бути формалізовані за певними правилами за допомогою конкретних зображальних засобів. Засоби, що використовуються для запису алгоритмів, значною мірою визначаються тим, для якого виконавця призначається алгоритм. Якщо алгоритм призначений для виконавця-людини, то його запис може бути не повністю формалізований, у цьому разі головне в формі запису – це наочність і зрозумілість. Для запису алгоритмів, призначених для реалізації на ЕОМ, необхідна строга формалізація.

**Приклад 2.** Об'єкт дослідження – процес автоматизації замовлення та обліку замовлень у інтернет-магазині підприємства.

© Кравченко В.О., Бухкало С.І., Іглін С.П., 2022

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

Мета роботи – розробити веб-додаток для інформаційних систем «Outlet- магазин».

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

Результат розробки – проаналізована предметна область галузі промисловості для інтернет-магазину реалізації продукції.

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

Інформаційна система створюється для того, щоб бізнес-процеси, які можна автоматизувати, були автоматизовані, та завдяки цьому продавці заощаджували багато часу. Процес, який потребує

автоматизації у першу чергу – оформлення замовлення. Завдяки автоматизації цього процесу покупець може швидко та зручно купити потрібний йому товар, а адміністратор далі може його оформити.

Для того, щоб автоматизувати цей процес, покупець повинен вибрати потрібні йому для покупки товари, заповнити усі необхідні дані, які надалі будуть використовуватися при обробці замовлення адміністратором.

В процесі беруть участь:

– гість. Користувач, який має можливість переглянути каталог, відфільтрувати товари за категорією, обрати та додати товари у кошик;

– покупець. Користувач, який має намір оформити заказ. Окрім можливостей, що має гість, має можливість ввести усі необхідні контактні дані, здійснити покупку, оформивши замовлення та доставку товару;

– адміністратор. Користувач, який має можливість переглядати усі замовлення, змінювати їх статус, фільтрувати їх. Визначення функціональних вимог до інформаційної системи

Можна проводити функціональне моделювання ІС з використанням методології IDEF0. Мета моделювання – визначення та уточнення функціональних вимог до ІС.

Завдяки контекстній діаграмі, ми можемо показати призначення системи (основну функцію) та взаємодію з зовнішнім середовищем.

Далі після опису основної функції виконується функціональна декомпозиція, тобто визначаються функції, з яких складається основна. Декомпозиція контекстної діаграми об'єкту дослідження розробки. представлена на рисунку 1.

Таблиця 2 – Складові дослідження за темою проекту

№	ЗМІСТ
1	ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ: аналіз предметної галузі промисловості
2	ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ: 2.1. Визначення системи предметної області інноваційного об'єкту спеціалізації навчання. 2.2. Складові промислової галузі системи предметної області інноваційного об'єкту спеціалізації навчання 2.3. Визначення асортименту промислової галузі системи предметної області інноваційного об'єкту спеціалізації навчання 2.4. Визначення основних бізнес-функцій інформаційної системи; 2.2. Визначення функцій інтерфейсу клієнтської частини інформаційної системи об'єкту дослідження розробки.
3	ОПИС АЛГОРИТМІВ: розробка серверної частини інформаційної системи об'єкту дослідження розробки.
4	ФУНКЦІОНАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗГІДНО СТАНДАРТУ IDEF0
5	ЛОГІЧНЕ І ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДАНИХ ЗА ПРИКЛАДОМ: 5.1. Створення і заповнення баз даних; 5.2. Розробка підтримки цілісності даних; 5.3. Реалізація бізнес-функцій інформаційної системи на стороні сервера MySQL
6	РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛІЄНТСЬКОЇ ЧАСТИНИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.
7	ТЕСТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
8	АНАЛІЗ ТА ВИСНОВКИ

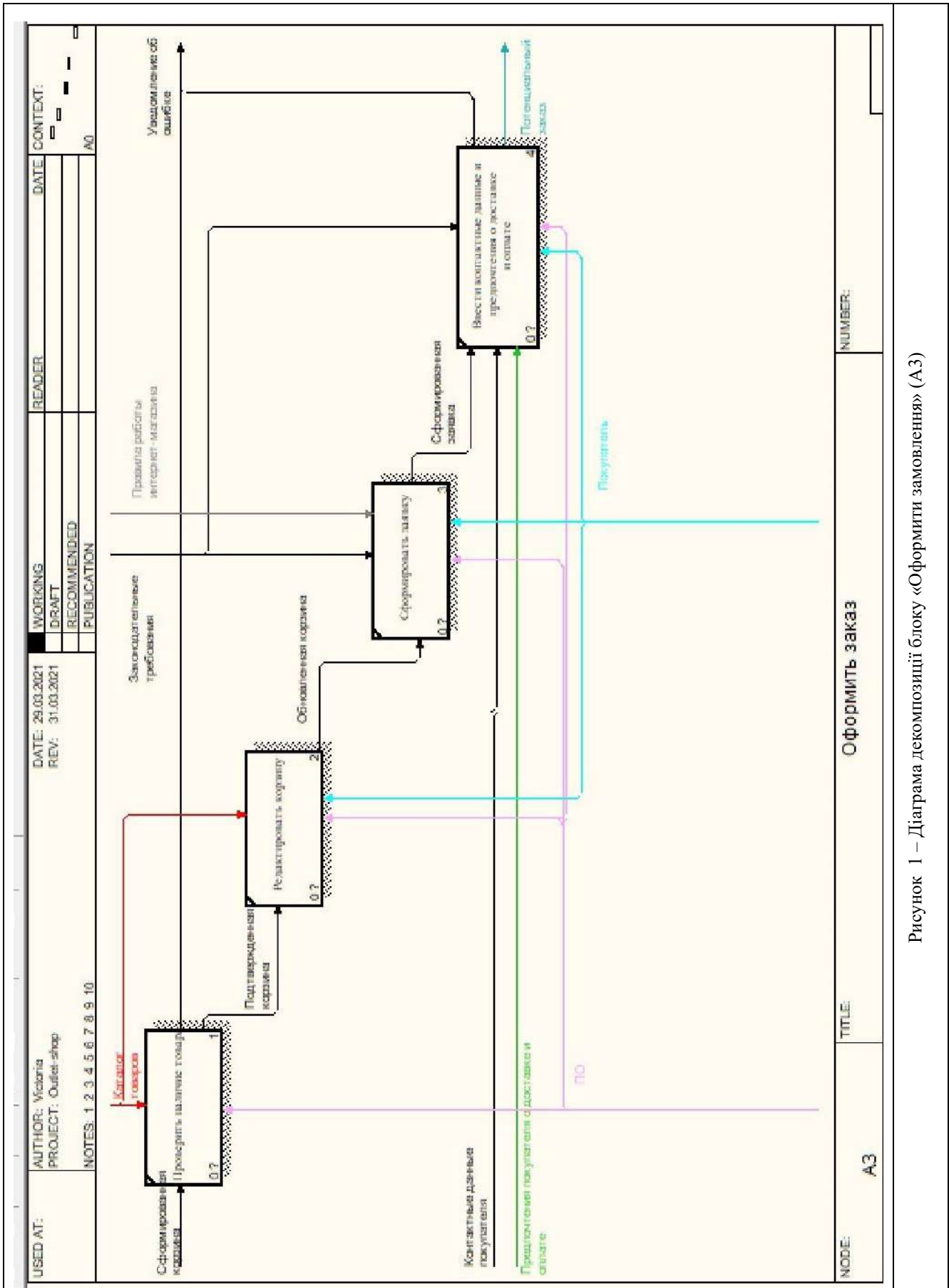


Рисунок 1 – Диаграмма декомпозиции блока «Оформить заказ» (АЗ)



Таблиця 3. Науково-обґрунтований аналіз та постановка задачі

Проблема	1) Можливість ситуації перевиробництва з боку продавців. 2) Аналіз неможливості замовити онлайн конкретну річ за низьку ціну через інформаційну систему з боку покупців та інші ситуації.
Впливає на	1) Негативні процеси у навколишньому середовищі та екологію. 2) Зберігання часу покупців та задоволення їх потреб. 3) Економічні показники підприємства, отже також на прибуток продавців,
Невдалі рішення	1) Розчарування кінцевих користувачів, спричинене втратою часу та надмірною тратою грошей. 2) Проблеми з виробництва продукції підприємства та збиток продавців
Вдалі рішення	1) Організація простої і зручної інформаційної системи, яка допомагає користувачеві швидко знаходити потрібні йому речі за допомогою фільтрації. 2) Можливість оформлення замовлення не виходячи з дому та ін.
Алгоритм прикладу розробки складових процесу	1) Розробити клієнтську і серверну частину інформаційної системи «Outlet-магазин одягу». 2) Серверна частина представлена базою даних (БД) для платформи СУБД MySQL. 3) Клієнтська частина має забезпечувати виконання наступних бізнес-функцій, для гостей: перегляд каталогу одягу з наявними книжками; перегляд списку одягу за певною категорією. 4) Бізнес-функції для покупців: формування замовлення, підбір одягу у кошик: заповнення даних. 5) 5) Бізнес-функції для менеджера: перегляд каталогу товарів, перегляд замовлень, зміна статусів замовлення. 6) Операційна система: MacOS, програмне забезпечення; програмний пакет MySQL Workbench; CASE-засіб All Fusion Data Modeler (ERWin).
Алгоритм прикладу виконання складових процесу	1) Аналіз бізнес-процесів вибраної предметної області галузі промисловості. 2) Визначення бізнес-функцій та бізнес-процесів об'єкту розробки. 3) Аналіз та корекція постановка задачі об'єкту розробки. 4) Розробка вимог до інформаційної системи об'єкту розробки. 5) Визначення функціональних вимог до інформаційної системи. 6) Проведення логічного та фізичного моделювання бази даних об'єкту розробки. 7) Розробка UML – Unified Modeling Language 8) Моделювання клієнтської частини інформаційної системи. 9) Розробка вимог до функцій серверної частини та інтерфейсу клієнтської частини інформаційної системи. 10) Визначення опису прийняття проектних рішень. 11) Розробка інтерфейсу клієнтської частини системи. 12) Створення бази даних для обраної платформи системи керування базами даних СУБД. 13) Розробка збереження процедур об'єкту розробки. 14) Визначення функції для серверної частини інформаційної системи (IC) та інтерфейс клієнтської частини IC.

Завдяки декомпозиції діаграми ми бачимо процеси, які проходять у інформаційній системі, а також зв'язок та взаємодію функцій системи.

При декомпозиції було виділено такі функції:

- облік замовлення;
- підібрати товари до кошику;
- оформити замовлення;
- підтвердити замовлення;
- сформувати кінцевий статусу замовлення.

Зробимо декомпозицію процесів, які складні, та складаються з декількох етапів. На рисунку 2.3 та 2.4 зображені декомпозиція блоків «підтвердити замовлення», «оформити замовлення», «підібрати товари до кошику». В інформаційну систему «Outlet-магазину» входить посібник користувача для інформаційної системи «Outlet-магазин» дає можливість користувачу дізнатися про можливості та нюанси, які треба знати при роботі з веб-додатком. При цьому головні функції веб-додатку: перегляд усіх товарів; фільтрація продукції за категорією; додання товару до кошику; оформлення замовлення; видалення товару; перегляд

замовлень; зміна статусу замовлення; вихід з системи.

Для опису операцій в системі присутні 3 типу користувача. Перший – гість., гість сайту має можливість переглядати всі товари, які є в каталозі в наявності. Гість може фільтрувати товари за категорією, та додавати товари в кошик.

Гість, який має намір здійснити покупку, який вводить свої контактні дані, та дані про доставку, та далі оформлює замовлення – це клієнт магазину.

В інформаційній системі існує також адміністратор. Адміністратор може слідкувати за всіма заказами. Він має можливість змінювати статус заказу. Адміністратор може за бажанням змінювати також інформацію про доставку, та метод оплати стосовно певного заказу.

#### Логічне і фізичне моделювання бази даних інформаційної системи

На етапі логічного та фізичного моделювання у прикладі використовується стандарт IDEF1X методології розробки моделей даних. На цьому етапі проектується модель БД інформаційної системи.

Для побудови логічної моделі даних використовується додаток Erwin. Використовуючи пункти меню «Entity» та «Relationship» будується логічна модель даних.

Контролюючи усі типи відношень, а саме M:M, 1:M, 1:1 у пункті відношень (Relationship properties...) визначаються усі обмеження та властивості відношень. У пункті «Entity attributes» додаються атрибути сутностей та визначаються первинні ключі. У вкладці «Constraints» додаються обмеження різного роду, такі як (Not null, greater than zero) та інші. Після завершення побудови логічної моделі даних вона експортується у додаток Erwin.

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

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

У логічній моделі даних присутні наступні сутності:

- сутність «Клієнт» (Client) містить в собі атрибути id, email, first name, last name, phone number. Дозволяє зберігати дані про покупця. Покупець вносить ці контактні дані при оформленні замовлення і надалі вони закріплюються за покупцем і не змінюються;

- сутність «Адміністратор» (Manager) містить в собі атрибути id, email, first name, last name, phone number. Дозволяє зберігати дані про адміністратора. Адміністратор вносить ці контактні дані при вступі на посаду і надалі вони закріплюються за адміністратором і не змінюються;

- сутність «Сповіщення» (Notification) містить в собі атрибути id, id order, date of notification, text of notification. Дозволяє зберігати дані про сповіщення покупця;

- сутність «Замовлення» (Shopping order) містить в собі атрибути id order, id client, payment\_id, id status, order date, id delivery, manager id. Дозволяє зберігати дані про створене замовлення;

- сутність «Статус» (Order Status) містить в собі атрибути id status, status. Дозволяє зберігати дані про різні статуси замовлення («В обробці»/«Підтверджено» / «Відхилено» / «Виконано» / «Потенціально»);

- сутність «Доставка» (Delivery) містить в собі атрибути id delivery, address, contact name, contact phone. Дозволяє зберігати дані про доставку, куди та кому буде доставлене замовлення. В майбутньому атрибути address, contact name, contact phone можуть бути змінені адміністратором;

- сутність «Оплата» (Payment) містить в собі атрибути payment id, method. Дозволяє зберігати дані

про метод оплати. В майбутньому атрибут method може бути змінений адміністратором;

- сутність «Товар» (Product) містить в собі атрибути id product, product name, category id, price, total amount. Дозволяє зберігати дані про товар;

- сутність «Категорія» (Category) містить в собі атрибути id, category name. Дозволяє зберігати дані про категорії товару (Одяг / взуття / аксесуари / спорт);

- сутність «Розмір» (Size) містить в собі атрибути size id, size name. Дозволяє зберігати дані про розмір товарів (S / M / L / XL / і т.д.);

- сутність «Кошик» (Shopping Card) містить в собі атрибути id card, id client. Дозволяє зберігати проміжні дані про вибір покупця;

- сутність «Товар в замовленні» (Product in order) містить в собі атрибути id order, id product, amount, current price. Дозволяє дозволити зв'язок багато-до-багатьох;

- сутність «Товар з розміром» (Product with size) містить в собі атрибути size id, id product, total amount. Дозволяє дозволити зв'язок багато-до-багатьох;

- сутність «Товар в кошику» (Product in card) містить в собі атрибути id card, id product, amount. Дозволяє дозволити зв'язок багато-до-багатьох.

#### **Приклад логічної моделі БД.**

На основі логічної моделі, яка побудована у програмі Erwin, можна створити фізичну модель. У прикладі фізичної моделі даних присутні ті сутності, які підлягають зберіганню у базі даних IC.

У фізичній моделі даних присутні наступні сутності:

- сутність «Клієнт» (Client) містить в собі атрибути id, email, first name, last name, phone number. Дозволяє зберігати дані про покупця. Покупець вносить ці контактні дані при оформленні замовлення і надалі вони закріплюються за покупцем і не змінюються;

- сутність «Адміністратор» (Manager) містить в собі атрибути id, email, first name, last name, phone number. Дозволяє зберігати дані про адміністратора. Адміністратор вносить ці контактні дані при вступі на посаду і надалі вони закріплюються за адміністратором і не змінюються;

- сутність «Замовлення» (Shopping order) містить в собі атрибути id order, id client, payment\_id, id status, order date, id delivery, manager id. Дозволяє зберігати дані про створене замовлення;

- сутність «Статус» (Order Status) містить в собі атрибути id status, status. Дозволяє зберігати дані про різні статуси замовлення («В обробці» / «Підтверджено» / «Відхилено» / «Виконано» / «Анульовано»);

- сутність «Доставка» (Delivery) містить в собі атрибути id delivery, address, contact name, contact phone. Дозволяє зберігати дані про доставку, куди та кому буде доставлене замовлення. В майбутньому

атрибути address, contact name, contact phone можуть бути змінені адміністратором;

– сутність «Оплата» (Payment) містить в собі атрибути payment id, method. Дозволяє зберігати дані про метод оплати. В майбутньому атрибут method може бути змінений адміністратором;

– сутність «Товар» (Product) містить в собі атрибути id product, product name, category id, price, brand, description. Дозволяє зберігати дані про товар;

– сутність «Категорія» (Category) містить в собі атрибути id, category name. Дозволяє зберігати

дані про категорії товару (Одяг / взуття / аксесуари / спорт);

– сутність «Розмір» (size) містить в собі атрибути size id, value. Дозволяє зберігати дані про базові розміри товарів;

– сутність «Товар в замовленні» (Product in order) містить в собі атрибути id order, id product, amount, current price. Дозволяє виконувати зв'язок багато-до-багатьох;

– сутність «Товар з розміром» (Product with size) містить в собі атрибути size id, id product, total amount. Дозволяє виконувати зв'язок багато-до-багатьох.

При переході з концептуальної моделі до логічної треба переконатися, що зв'язок багато до багатьох, який не сумісний з реляційною моделлю, відсутній. Такий зв'язок характеризується тим, що одному екземпляру сутності А може відповідати декілька екземплярів сутності В, та навпаки. В рамках нашої предметної області такі зв'язки відсутні. Логічну модель було переведено у фізичну, що представлено на рисунку 2.

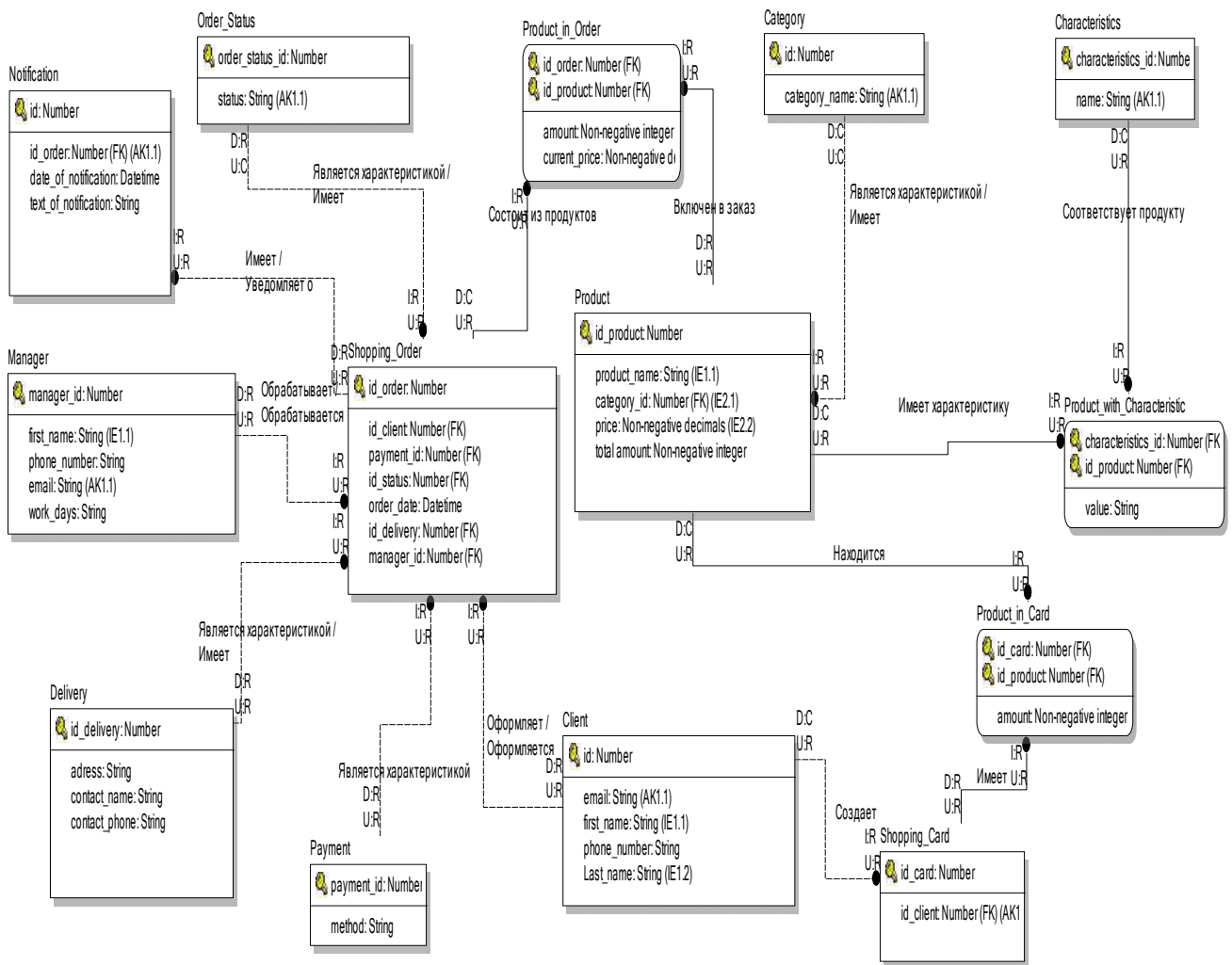


Рисунок 2. Приклад визначення логічної моделі бази даних інформаційної системи

Проведено тестування системи, у ході якого не було виявлено жодних помилок в роботі програми. Опис програмного забезпечення складається з

функціональної структури програмного забезпечення та опису функцій частин програмного забезпечення (користувачки та стандартні).

### Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Онлайн-покупки дозволяють економити час і можуть здійснюватися цілодобово: покупець у зручний йому час може зробити замовлення в магазині, не виходячи з дому, не витрачаючи час на поїздки, і не піддаючи своє здоров'я та життя небезпеці. Завдяки цьому у продавця є можливість в будь-який момент отримувати прибуток, а не залежати від годин роботи магазину.

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

Подальша мета даної роботи полягає в проектуванні та створенні WEB-додатку у вигляді сайту для Outlet-магазину, завдяки якому у майбутньому буде автоматизований процес покупки та подальшої реалізації клієнтами.

Тестування розробленого програмного забезпечення – останній та дуже важливий етап розробки. Він дозволяє переконатися, що ІС розроблена вірно та усі дані заносяться у БД як і потрібно. Завдяки тестуванню можливо перевірити, що бізнес-процес працює вірно, та усі дані відображаються як треба.

Аналіз дослідженої експлуатації системи та варіантів використання ІС у якості Web-додатку, дозволить перевірити систему на відповідність усім вимогам, а також провести перевірку усіх даних та функціоналу. Головний бізнес-процес автоматизовано, що дозволяє покупцям робити покупки онлайн, а адміністраторам слідкувати за заказами.

Інформаційна система в майбутньому може бути приведена з урахуванням усіх складових, а також вона може бути вдосконалена та до неї буде доданий новий функціонал.

Тестування програмного забезпечення проходить за відповідним розробленим планом. Система призначена для застосування на промислових лініях підприємств, що займаються різновидами співпраці з системами реалізації продукції [2–5] і є прикладом створення інтелектуальної власності студентами, аспірантами і викладачами [1, 6–23].

### Список літератури

1. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ.конф. (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. Х.: Ч. II, / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 201.
2. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжн. н/практ.конф.

- (MicroCAD-2020) 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 250.
3. Ольховська В.О. Особливості алгоритму роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжн. н/практ.конф. (MicroCAD-2020) 28-30 10 2020 р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХПІ». С. 251.
4. Кравченко О.С., Бухкало С.І. Загальна технологія визначення системи технічного зору для комплексних проектів. 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. X :НТУ «ХПІ». С. 277.
5. Кравченко О.С. Складові технології визначення системи технічного зору для комплексних проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 05. 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. X :НТУ «ХПІ». С. 276.
6. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 05 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. X :НТУ «ХПІ». С. 205.
7. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. X.:НТУ «ХПІ». С. 206.
8. 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.
9. 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. X :НТУ «ХПІ». С. 208.
10. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
11. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових 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.
12. Прищенко О.П., Черногор Т.Т., Бухкало С.І. Деякі особливості проведення кореляційного аналізу. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 : у 4 ч. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Х: НТУ «ХПІ». 320 с.
13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O. Complex projects development problems, Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 193.
14. Бухкало С.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах (приклади та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник з грифом МОН / С.І. Бухкало – К.: ЦНЛ, 2019. – 108 с.

15. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М. та ін. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2019, 15-17 травня 2019р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХПІ». 342 с.
  16. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Химич О.Ю. и др. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов. Вісник НТУ «ХПІ». 2012, № 10, с. 74–78.
  17. Бухкало С.І. Деякі моделі процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену. Вісник НТУ «ХПІ». 2017. № 18 (1240), с. 35–45.
  18. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХПІ». 2015. № 7 (1116), с. 103–108
  19. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340), с. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
  20. Бухкало С.І. Синергичні моделі для екологічно-безпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2018. – № 18(1294), с. 36–44.
  21. Bukhkalov S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, Vol. 70, (2018), pp.2047–2052.
  22. Zipunnikov, Mykola; Bukhkalov, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138–144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kvivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/frujc/article/view/258>.
  23. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhkalov, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73.
- References (transliterated)**
1. Bukhkalov S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 05 2018r. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. Kh.: NTU «KhPI», p. 201.
  2. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Buhkalo S.I. Skladovi algoritmi poshuku racional'nih zakonimirnostej roboti obladdannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhn. n/prakt.konf. (MicroCAD-2020) 28-30 zhovtnja 2020 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 250.
  3. Ol'hov's'ka V.O. Osoblivosti algoritmu roboti obladdannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhn. n/prakt.konf. (MicroCAD-2020) 28-30 zhovtnja 2020 r.Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 251.
  4. Kravchenko O.S., Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija viznachennja sistemi tehničnogo zoru dlja kompleksnih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 277.
  5. Kravchenko O.S. Skladovi tehnologij viznachennja sistemi tehnologičnogo zoru dlja kompleksnih proektiv. Informacijni tehn.: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 276.
  6. S. Bukhkalov, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 05 2018r. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 205.
  7. S. Bukhkalov, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 05 2018r. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 206.
  8. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhkalov, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaves and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
  9. Bukhkalov S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 208.
  10. Bukhkalov S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishhij navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014, No. 16, pp. 3–11.
  11. Bukhkalov S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologij kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologij, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencij (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 217.
  12. Prishhenko O.P., Chernogor T.T., Bukhkalov S.I. Dejaki osoblivosti provedennja koreljacijnogo analizu. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologij, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencij (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 : u 4 ch. Ch. II./za red. prof. Sokola Є.І. – Kh.: NTU «KhPI», p. 320.
  13. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O. Complex projects development problems, Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologij, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencij (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019r.: Ch. II/za red. Sokola Є.І. Kh.: NTU «KhPI», p. 193.
  14. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovih virobniectv u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologij krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2, [tekst] pidručnik z grifom MON. K.: Centr navchal'noi literaturi, 2019. – 108p.
  15. Sirkov M.A., Bukhkalov S.I., Iglin S.P., Miroschnichenko N.M. ta in. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sировini u mezhah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2019, 15-17 travnja 2019r. Ch. II/za red. prof. Sokola Є.І. Kh.: NTU «KhPI», p. 342.
  16. Bukhkalov S.I., Garder S.E., Himich O.Ju. i dr. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predpriyatij po pererabotke othodov. Visnik NTU «KhPI». 2012, № 10, pp. 74–78.
  17. Bukhkalov S.I. Dejaki modeli procesiv himičnogo spinjuvannja vtorinnogo polietilenu. Visnik NTU «KhPI». 2017. No. 18 (1240), pp. 35–45.
  18. Bukhkalov S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetičnogo miksu. Visnik NTU «KhPI». 2015. No. 7 (1116), pp. 103–108
  19. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks. Visnik NTU «KhPI». 2019. – No. 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
  20. Bukhkalov S.I. Sinergetični modeli dlja ekologično-bezpečnih procesiv identifikacij-klasifikacij vtorinnih polimeriv. Visnik NTU «KhPI». 2018. – № 18, pp. 36–44.

21. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 70, (2018), pp.2047–2052.
22. 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>.
23. 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.

Надійшла (received) 19.05.2022

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

**Кравченко Вікторія Олегівна (Kravchenko Victoria Olegovna, Кравченко Виктория Олеговна)** – студентка 4 курсу ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

**Бухкало Світлана Іванівна (Bukhhalo Svetlana Ivanovna, Бухкало Светлана Ивановна)** – 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 (Iglin Sergii Petrovich, Иглин Сергей Петрович)** – кандидат технічних наук, професор кафедри прикладної математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9144-7427>; e-mail: [bis.khr@gmail.com](mailto:bis.khr@gmail.com)

**V. O. KRAVCHENKO, S. I. BUKHKALO, S. P. IGLIN**

#### EXAMPLES OF DETERMINING THE COMPONENTS OF INFORMATION AND COMPUTATION TECHNOLOGIES FOR DIFFERENT INDUSTRIES

The possibilities of using the technology of information computer systems in varieties of examples and tasks of teaching students are considered. The work presents examples of the formation of complex knowledge about the principles of construction and operation of the software for determining the possibilities of effective use of modern information and communication technologies in the professional activity of a technologist according to the types of specialization of students starting from the first year of study. Carried out and analyzed: analysis of the components of information systems by types of activities; examples of business processes of the selected subject area, the definition of business functions and business processes, and problem statement. The requirements for the information system and the definition of functional requirements for the information system have been developed. Criteria for logical and physical modeling of databases are defined; UML modeling of the client part of the information system is developed. The requirements for the functions of the server part and the interface of the client part of the information system were developed, the possibilities of design solutions were described, the interface of the client part of the system was developed, and a database for the selected platform was created; the means of storing procedures, the functions of the server part of the information system (IC) and the interface of the client part of the IC, etc. were developed. The mathematical justifications of the applied algorithm are described, and the necessary conclusions are drawn.

**Keywords:** information and computing technologies; examples and tasks; technology of information computer systems; subject area; functions and description; conclusions.

**V. O. KRAVCHENKO, S. I. BUKHKALO, S. P. IGLIN**

#### ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрены возможности применения технологии информационных компьютерных систем в разновидностях примеров и задач обучения студентов. Представлены примеры формирования комплексных знаний о принципах построения и функционирования программного определения возможностей эффективного использования современных информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности инженера-технолога по разновидностям специализации студентов начиная с первого курса обучения. Проведены и проанализированы: анализ составляющих информационных систем по разновидностям деятельности; примеры бизнес-процессов выбранной предметной области, определение бизнес-функций и бизнес-процессов, постановка задачи. Разработаны требования к информационной системе и определение функциональных требований к информационной системе. определены критерии логического и физического моделирования баз данных; разработано UML моделирование клиентской части информационной системы. Произведена разработка требований к функциям серверной части и интерфейсу клиентской части информационной системы, описаны возможности проектных решений, разработан интерфейс клиентской части системы, создана база данных для выбранной платформы; разработаны средства хранения процедур, функции серверной части информационной системы (ИС) и интерфейс клиентской части ИС и др. Описаны математические обоснования применяемого алгоритма и сделаны необходимые выводы.

**Ключевые слова:** информационные и вычислительные технологии; примеры и задачи; технология информационных компьютерных систем; предметная область; функции и описание; выводы.

**С. І. БУХКАЛО, В. О. КРАВЧЕНКО, Р. Ю. КОМІРНИЙ**

## **ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ НТУ «ХПІ» У НАДЗВИЧАЙНИХ УМОВАХ ТА СИТУАЦІЯХ ВИЖИВАННЯ**

У матеріалах статті розглянуті можливості визначення та застосування складових інформаційних та обчислювальних технологій для різновидів спеціальностей навчання студентів. У роботі представлено приклади формування комплексних знань про принципи побудови та функціонування програмного визначення можливостей ефективного використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій у професійній діяльності інженера-технолога за різновидами спеціалізації студентів починаючи з першого курсу навчання. При написанні статті використано багаторічний досвід викладання дисципліни «Загальна технологія харчової промисловості» та «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології» в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів. Цей досвід і добре знання предмета зумовили високу якість матеріалу для викладання дисципліни, а питання, що розглядаються пропущені через призму власного творчого сприйняття, що робить матеріал особливо цінним. Розробки проведені з застосуванням сучасних високоефективних науково-обґрунтованих технологій використання сировини, представлені приклади і деякі особливості можливих рішень навчання, які засновані на експериментальних даних розробки механізмів процесів і їх наукового обґрунтування у вигляді об'єктів інформаційних технологій; деталізовано та проаналізовано: складові інформаційних систем за різновидами діяльності;

**Ключові слова:** інформаційні технології, хімічна технологія та інженерія, системи навчання, комплексні інноваційні проекти, обчислювальні методи, об'єкти оптимізації

### **Вступ.**

Розробка інноваційних напрямків системи онлайн навчання студентів у надзвичайних умовах та ситуаціях війни-виживання – період повномасштабного вторгнення РФ в Україну, потребує визначення та обґрунтування актуальності проблеми, ступеня розробленості теми, мету, гіпотезу; прикладів завдання, предмету, об'єктів та методів дослідження у прикладах і задачах. Крім того, повинні бути відображені питання реалізації та апробації отриманих результатів, надана загальна характеристика виконаних експериментів, показані інноваційні положення, що розроблені викладачами, а також мають практичне втілення у різновидах студентських робіт. На кафедрі інтегрованих технологій, процесів та апаратів (ІТПА) НТУ «ХПІ» багаторічний досвід викладання дисциплін, наприклад: Загальна хімічна технологія, Загальна технологія харчової промисловості, Процеси та апарати, Інформаційні технології в хімічних технологіях і інженерії, Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології, Інформаційні технології в промисловій фармації, Обчислювальна математика та програмування, Основи інформатики пов'язаний з комплексним інноваційним принципом надання освіти.

**Мета** – формування комплексних знань про принципи побудови та функціонування програмного визначення можливостей ефективного використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій у професійній діяльності інженера-технолога за різновидами спеціалізації студентів починаючи з першого курсу навчання.

**Завдання** – вивчення теоретичних основ, об'єктів та методів дослідження і набуття інноваційних практичних навичок використання прикладних систем оброблення різновидів даних під час розв'язування завдань фахового спрямування.

Наприклад, після вивчення дисциплін «Інформатики та інформаційних технологій» та «Обчислювальна математика і програмування», «Процеси і апарати різновидів технологічних систем», «Загальні технології харчових виробництв» та інші, студент повинен:

**знати**, апаратні та програмні складові комп'ютерних систем для об'єктів та методів; програмні засоби роботи зі структурованими документами; мережні технології; основи інформаційної безпеки та захисту інформації;

**уміти**, здійснювати діалог з операційною системою ПЕОМ для об'єктів та методів; створювати різноманітні файли і директорії (папки); застосовувати стандартні програмні продукти; опрацьовувати текст, графіку, аудіо і відео інформацію; володіти навичками роботи з компонентами пакету MS Office; розробляти ділову графіку; застосовувати Internet при розв'язанні професійних завдань та багато інших складових навчання.

**Об'єктами дослідження** є: технологічний процес та обладнання комплексу післязбиральної обробки та зберігання зернового матеріалу із застосуванням озонування.

**Предмет дослідження:** наприклад, законності зміни параметрів експериментального матеріалу при його обробці та зберіганні до застосування.

**Актуальність** даного дослідження зумовлена спочатку отриманням викликів карантину (2019 рік) а далі, на жаль введенням воєнного положення в Україні (2022 рік), що визначає необхідність переходу до дистанційного навчання, як єдиної можливої форми реалізації навчально-виховного процесу загалом.

© Бухкало С.І., Кравченко В.О., Комірний Р.Ю., 2022

До цього моменту людство не стикалося з обмеженнями відвідування робочих місць, навчальних закладів та знаходження в громадських місцях. Фактично весь навчально-виховний процес зазнав кардинальних змін, кожен ВНЗ знаходить власний підхід до створення сприятливих умов організації та проведення дистанційного навчання. Перед кожним учасником навчального процесу постало надскладне завдання, яке полягає у забезпеченні необхідними ресурсами для спілкування та обміну інформацією. Метою екстремального дослідження є готовність до запровадження дистанційного навчання на різних рівнях: загально-університетському, викладацькому та студентському, а завданнями дослідження став пошук відповідей на наступні розгалужені питання представлені далі за скороченим переліком.

**Загальні відомості про об'єкти вивчення та предмет дисципліни (приклади та задачі за сайтом ННІХТІ).**

**1.1. Компетентності** з навчальної дисципліни та результати навчання, наприклад, 2 курсу «Інформаційні технології в хімічних технологіях та інженерії» за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія поділяють на:

K14. Здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії.

ФК4. Вміння використовувати інформаційні технології та ресурси для здійснення професійної діяльності

**Результати навчання:**

ПР08. Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв.

ПРН4. Знання про сучасні інформаційні та комунікаційні технології; навички використання програмних засобів і навички роботи в комп'ютерних мережах, уміння створювати бази даних і використовувати Інтернет-ресурси

ПРН40. Аналізувати за допомогою сучасних технологій отриману інформацію, необхідну для формування та вирішення завдань у галузі.

**1.2. Компетентності, наприклад,** з навчальної дисципліни 2 курсу «Обчислювальна математика та програмування» за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія поділяють на: K01; K04; K05; K06; K10 – K1; K18 – K23; K25; K26; K27.

**Результати навчання:**

ПР01 – ПР07; ПР09; ПР11 – ПР13; ПР15 – ПР20; ПР24; ПР25; ПР26.

**1.3. Компетентності** з навчальної дисципліни 2 курсу «Обчислювальна математика та програмування» за спеціальністю 181 Харчові технології визначають як:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми технічного і технологічного характеру, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов у виробничих умовах підприємств харчової промисловості та у процесі навчання, що передбачає застосування теоретичних основ та методів харчових технологій (ІНТ)

ЗК-1. Знання і розуміння предметної області та професійної діяльності.

ЗК-2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК-4. Навички використання інформаційних та комунікаційних технологій.

ЗК-5. Здатність до пошуку та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК-7. Здатність працювати в команді.

ЗК-8. Здатність працювати автономно.

ЗК-11. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК-12. Здатність спілкуватися іноземною мовою

**Результати навчання:**

ПРН-2. Виявляти творчу ініціативу та підвищувати свій професійний рівень шляхом продовження освіти та самоосвіти.

ПРН-3. Уміти застосовувати інформаційні та комунікаційні технології для інформаційного забезпечення професійної діяльності та проведення досліджень прикладного характеру.

ПРН-4. Проводити пошук та обробку науково-технічної інформації з різних джерел та застосовувати її для вирішення конкретних технічних і технологічних завдань.

ПРН-12. Вміти проектувати нові та модернізувати діючі підприємства, цехи, виробничі дільниці із застосуванням систем автоматизованого проектування та програмного забезпечення.

ПРН-19. Підвищувати ефективність роботи шляхом поєднання самостійної та командної роботи.

ПРН-20. Вміти укладати ділову документацію державною мовою.

ПРН-22. Здійснювати ділові комунікації у професійній сфері українською та іноземною мовами

Підготовка докторів філософії за спеціальністю 161 «Хімічна технологія та інженерія» шляхом навчання аспірантів, що передбачає здобуття теоретичних знань, практичних навичок і компетентностей, достатніх для продукування наукових ідей, розв'язання комплексних науково-прикладних проблем у галузі хімічних технологій, оволодіння методологією наукової діяльності для проведення власного наукового дослідження.

**1.4. Компетентності подальшого розвитку навчання.**

За час навчання в аспірантурі за ОНП у здобувача наукового ступеню мають сформуватися такі загальні і професійні компетентності:

ЗК-1: Здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних досягнень, формулювання нових підходів для вирішення теоретичних і практичних завдань у наукових дослідженнях;



ЗК-2: Готовність до самостійної індивідуальної роботи, здійснення комплексних досліджень, готовність до керівництва науково-дослідною групою, прийняття рішень в міждисциплінарних областях;

ПК-1: Здатність до організації та проведення наукових досліджень в області хімічної технології із залученням сучасних методів та інформаційних технологій, що мають теоретичне і практичне значення;

ПКс-5: Набуття компетенції для викладацької діяльності в межах спеціальності «Хімічні технології та інженерія».

**Результатами навчання** за даною дисципліною буде оволодіння, розуміння теоретичних знань, вмінь наукової діяльності, сучасних методів дослідження, а також професійна підготовка, а саме:

РН-1 Знання та уміння знаходити нові підходи для рішення сучасних теоретичних і практичних задач в області хімічних технологій та інженерії;

РН-2 Володіння навичками формування задач дослідження, планування та розподілу напрямків їх реалізації як самостійно, так і як керівника науково-дослідної групи;

РН-3 Володіння навичками використання інформаційних технологій, уміння представляти результати роботи на публічних заходах національного так і міжнародного рівня;

РН-6 Володіти навичками та знаннями щодо викладання технічних дисциплін за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»

РНс-5 Знання та розуміння сучасних методів досліджень інтегрованих тепломасообмінних хіміко-технологічних процесів та систем.

2. Мета, наприклад, підготовки бакалаврів з біотехнологій та біоінженерії: здатність до комплексного виконання проектно-технологічних розрахунків та здійснення виробничо-технологічних робіт, що пов'язані з використанням біологічних агентів та продуктів їх життєдіяльності: формування практичних навичок вирішення завдань біотехнологій з використанням обчислювальної техніки та інформаційних технологій: мати уміння використання комп'ютерних систем для роботи в локальній і глобальній мережі; користуватися пакетами офісних та прикладних програм; проведення розрахунків у пакетах інженерних обчислень; розробляти алгоритми та комп'ютерні програми в системі комп'ютерної математики, наприклад, MathCad для вирішення загально-технічних завдань.

Таким чином, при застосуванні комплексних навчальних занять відбувається формування і розвиток у студентів професійних компетенцій, що дозволяють їм виконувати інженерно-дослідну роботу за конкретними технологічними процесами.

Для представленого матеріалу наявна різноманітність тем і завдань, які відповідають основним розділам курсу «Загальна технологія харчової промисловості» з включенням розділів «Класифікація основних закономірностей харчової технології» та «Основні характеристики комплексних проектів інноваційного промислового підприємства», що розширює можливості підготовки бакалаврів [1–5].

### 3. Методологія та методи дослідження.

Дистанційне (як форма здобуття освіти, за якої викладач та студент взаємодіють на відстані за допомогою інформаційних технологій: студент займається самостійно за розробленою програмою, переглядає записи за різновидами навчання, вирішує завдання, консультується з викладачем та періодично віддає йому на перевірку свої роботи) та онлайн навчання як логічне подовження дистанційної форми навчання – ці технології базуються на принципах відкритого навчання, широко використовують комп'ютерні навчальні програми за допомогою сучасних телекомунікацій для постачання навчального матеріалу та спілкування.

1. Особливу роль в якійсній університетській технологічній освіті відіграє математична та інформаційна підготовка, учбовий план складається з урахуванням сучасних міжпредметних зв'язків та інноваційних методів дослідження.

2. Ефективність засвоєння будь якої дисципліни значно залежить від вміння лектора доступно та комплексно її викладати, зацікавити предметом, від вміння показати необхідність його вивчення для конкурентоспроможної майбутньої кар'єри.

3. При викладанні математики майбутнім інженерам-технологам, менеджерам, екологам лектору слід підбирати та постійно поповнювати запас різновидів моделей, завдяки яким абстрактні математичні поняття формулюють, наприклад, економічною мовою дисципліни, ілюструвати і постійно підкреслювати можливості математичної теорії при розв'язанні та аналізі різновидів прикладних експериментальних науково-обґрунтованих задач.

4. Університетська освіта за різновидами спеціалізації та профілю має значні можливості вдосконалення підготовки студентів, зокрема шляхом ознайомлення їх з основними математичними поняттями, необхідністю заміни інтуїтивних понять точними. Якість такої підготовки прямо пропорційна якості набутих знань та умінню їх застосовувати у практичній діяльності при побудові математичних моделей реальних технологічних процесів і є актуальною проблемою послідовної математичної підготовки сучасних інженерів здатних до інноваційного розвитку різновидів виробництва (табл. 1).

Таблиця 1. Найбільш поширені складові моделей прикладів і задач

№	Характеристики складових моделей прикладів і задач
1	Включає, як правило, в себе простір і час, в яких вона працювала, основні компоненти, які вважаються істотними для загального функціонування
2	Визначення основних компонентів, які вважаються істотними для загального функціонування технологічної системи
3	Визначення допоміжних компонентів, які вважаються істотними для загального функціонування технологічної системи.
4	Визначення наукового обґрунтування проблеми у надзвичайних умовах та ситуаціях виживання і встановлення його межі
5	Методика та аналіз можливостей у надзвичайних умовах та ситуаціях виживання – ознайомлення з теоретичними відомостями та проблемами
6	Методика та аналіз можливостей у надзвичайних умовах та ситуаціях виживання – ознайомлення з експериментальними відомостями побудови та аналізу математичних моделей
7	Визначення наукового обґрунтування проблеми і встановлення її межі за алгоритмами конкретного прикладу, завдання або дослідження.
8	Методика та аналіз можливостей доступних для перевірки гіпотез чи серії гіпотез наукового дослідження або виконання завдання.
9	Аналіз отриманих можливостей розрахунків у надзвичайних умовах та ситуаціях виживання та складання висновків за отриманими результатами.

Таблиця 2. Комплексний план навчальних занять першого модулю (приклад) кафедра ІТПА НТУ «ХП», ч.1

№ п/п	Вид	Го- дини	Найменування тем, різновидів навантаження і питань аналізу кожного виду занять комплексу технології харчових виробництв
1	лк	2	Загальні відомості про: об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, вимоги до знань студентів; історичний розвиток харчової технології як науки в Україні; узагальнена структурна схема технологічної лінії та стадії харчового виробництва; основні питання модернізації сучасного виробництва.
2	лк	2	Загальна характеристика та ієрархія процесів технології підготовчих стадій виробництва, режими та засоби зберігання різних видів сировини та продукції.
3	лк	2	Технології підготовки різновидів сировини та напівфабрикатів до виробництва, ідентифікація-класифікація процесів та обладнання.
4	лк	2	Технології зберігання зерна: загальна характеристика та особливості, складові технологічних процесів та операцій, апаратурне оснащення основних стадій
	лб	2	Одержання, дослідження та аналіз деяких властивостей клейковини для різновидів пшеничного борошна, визначення загальних характеристик
	лб	2	Дослідження та аналіз результатів визначення автолітичної активності для різновидів пшеничного борошна – визначення $\alpha$ -амілази
	пз	2	Розрахунок маси сухих речовин і вологи у сировині для виробництва тіста, складові матеріальних балансів технологічних процесів
	пз	2	Розрахунок кількості борошна на заміс тіста, складові матеріальних балансів технологічних процесів різновидів продукції
2	лк	2	Технологія борошна: загальна характеристика, основні процеси та стадії виробництва різновидів борошна, їх апаратурне виконання, різновиди та ієрархія процесів помелу зерна.
	лк	2	Технологія круп та круп'яних виробів: принципова схема виробництва, призначення та апаратурне оформлення основних процесів: лущення, полірування, шліфування, технологічні режими
	лк	2	Технологія хліба: хлібопекарні властивості борошна; принципова схема хлібопекарного виробництва; основні стадії технології та їх апаратурне оснащення; технологічні параметри та їх вплив на процеси основних стадій виробництва хліба.
	лк	2	Технологія макаронних виробів: особливості рецептур макаронних виробів; принципова схема, технологічні режими та апаратурне оформлення основних стадій виробництва.
	лб	2	Дослідження та аналіз впливу режимів виготовлення тіста та його складових на реологічні властивості
	лб	2	Вивчення і аналіз загальних властивостей різновидів пшеничного борошна, ідентифікація-класифікація складових дослідження залежно від сорту та якості об'єктів дослідження.
	пз	2	Розрахунки допоміжної сировини на заміс тіста, класифікація-ідентифікація процесів виробництва та складові матеріальних балансів технологічних процесів
	пз	2	Розрахунки взаємозамінної сировини для замісу тіста, складові матеріальних балансів технологічних процесів. Модульна контрольна робота

4.2. Приклад складання алгоритму виконання завдання 1 – відформатувати текст за наступними правилами

№	Вибір за лінійкою	Дії виконання
1	Відкрити меню «Розмітка сторінки» → «Поля»	Встановити поля за зразком програми з урахуванням інформації завдання
2	Виділити все, натиснув комбінацію клавіш [Ctrl+A]; відкрити меню «Шрифт»	Встановити шрифт Times New Roman; «накреслення: Звичайний»; розмір шрифту 14 пт – натиснути «ОК»
3	Відкрити меню «Абзац» – «Відступи і інтервали»; усі параметри відповідають параметрам завдання, або їх можна змінювати.	Встановити такі параметри абзацу: «Вирівнювання»: «По ширині»; «Рівень»: «Основний текст»; «Відступ»: «Зліва» – 0; «Справа» – 0; «перший рядок»: «Відступ» – см; «Інтервал» – «Перед»: 0; «Після»: 0; «міжрядковий...» – «ОК»;
4	Натиснути меню «Вставка» → «Номер сторінки» →	Обрати відповідно до завдання, наприклад, «Знизу сторінки» → «Простий номер 2» (посередині).
	<b>Подовжити далі</b>	

#### 4. Приклади інноваційних заходів навчання при викладанні дисциплін «Інформатика та інформаційні технології» та «Обчислювальна математика і програмування».

4.1. Треба враховувати, зміни у кожній версії програми: з'явилися нові інструменти, яких не було у попередніх версіях; розробники змінили назву та положення деяких інструментів, але це ніяк не вплинуло на принципи роботи з програмою. не всі вкладки відображаються на стрічці – є так звані контекстні вкладки, які з'являються при виборі будь-яких об'єктів у робочій області програми; як об'єкти можуть виступати, наприклад, таблиці або рисунки, файл – це не вкладка, а саме кнопка, яка викликає меню.

4.3. Слова в реченні повинні розділятися лише одним пропуском. Щоб «розрядити» шрифт є спеціальні інструменти форматування.

4.4. Після знаку пунктуації ставиться лише один пробіл і лише в тому випадку, якщо це не точка наприкінці абзацу. Наприкінці абзацу після знака пунктуації (точки, знака питання або оклику) пробіл не ставиться. Перед знаками пунктуації прогаліни також не ставляться. Винятком є лише символ тире.

4.5. Алгоритм створення будь-якого текстового документа можна узагальнено уявити так:

1. Створення тексту – текст можна набрати вручну або скопіювати з якихось джерел та відредагувати.

2. Форматування тексту - тобто зміна шрифтів, розміру тексту, його кольори, зображення, вирівнювання і так далі. Також сюди можна зарахувати створення різноманітних списків - нумерованих чи маркованих.

3. Додавання об'єктів - таблиць, зображень, малюнків (фігур та SmartArt-об'єктів).

4. Створення макету документа - тобто фінальне оформлення, що включає підготовку титульної сторінки, змісту, вставку нумерації сторінок, колонтитулів і т.д.

5. Вивод документа на друк або збереження у форматі PDF (створення електронної книги).

4.6. Приклад складання алгоритму виконання завдання 2 – набрати та відформатувати формули за наступними правилами та інше.

4.7. Приклад складання алгоритму виконання завдання 2 – набрати та відформатувати формули за наступними правилами та інше.

4.8. У меню зосереджено інструменти, призначені для роботи з файлами – створити новий документ, зберегти свою роботу, відкрити раніше створений файл або вивести текстовий документ на друк та ін.

4.9. Обробка експериментальних даних проводилася персональному комп'ютері з допомогою програм: Microsoft Excel, Statistica.

5. Під системою розуміють те, що всі складові навчання взаємодіють, а всі процеси та явища взаємопов'язані. Як система, наука характеризується цілісною єдністю кількісного і якісного накопичення знань, класифікованих за галузями наукових досліджень, процесом формування зв'язків між ними. Дослідники поділяють системи за прикладами [43, 85, 100]:

1. Великі системи – розбивають на частини (підсистеми) і розглядають послідовно, переміщаючись з нижчого рівня на вищий.

2. Динамічні системи перебувають у постійній зміні, яку називають процесом; їх зазвичай характеризують такими властивостями: 1) рівновага – здатність повертатися до початкового стану, компенсуючи впливи зовнішнього середовища; 2) адаптація – здатність відновлювати свою структуру або поведінку для компенсації зовнішнього впливу, а також змінювати їх, пристосовуючись до умов оточуючого середовища; 3) інваріантність поведінки – те, що залишається в поведінці системи незмінним у будь-який відрізок часу.

6. Приклади завдань інноваційних заходів застосування процесів керування при викладанні дисциплін «Інформатика та інформаційні технології».

6.1. Кібернетичні або керуючі системи – досліджують процеси керування в технічних,

технологічних, інженерно-технічних, хімічних, біологічних, екологічних, економічних і соціальних системах. Центральною в цьому випадку може бути інформація як засіб визначення впливу на поведінку системи.

6.2. Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів викладає нормативну дисципліну «Загальна технологія харчової промисловості» понад 20 років для студентів 2 та 3 курсів, нажал з 2020 р.

навчається вже тільки третій курс, що призвело до вилучення матеріалів з технології бродильних виробництв для студентів зі спеціалізації Технологія жирів і жирозамінників. Тільки за 2015–2020 рр. Бухкало С.І. самостійно або у співавторстві видано понад 20 статей у фахових виданнях України та ЄС, які забезпечують комплексне викладання дисципліни за усіма видами навантаження (Вища освіта: Бакалаврат). [6].

6.3. Фрагмент прикладу описового алгоритму до виконання студентами завдання 1.3 за навчальним посібником

1	В ячейці A1, A2, A3, A4 та A5	Ввести текст «a=» «b=» «x=» «y=» «d=»
2	В ячейці B4 та B5	Ввести формули «=B2*TAN(B3)^2-B1/SIN(B3/B1)^2» «=B1*EXP(-КОРЕНЬ(B1))*COS(B2*B3/B1)»

6.4. Фрагмент прикладу описового алгоритму до виконання студентами завдання 2 за навчальним посібником

1	В ячейках A1 – A5	Ввести текст «a=» «b=» «x=» «y=» «f=»
2	В ячейці B5	Натискаємо на кнопку «fx »→«Категория: Логические»→«ЕСЛИ»
3	Аргументи функції	Лог выражения вводим «B4<0» Значение если истина вводим «1-COS(B3)-B4» Додатемо новий аргумент функції Лог выражения вводим «B4>0» Значение если истина вводим «B1+1» Значение если ложь вводим «(B1*B4+B2)/2»

6.5. Приклад описового алгоритму до виконання студентами завдання 3 за навчальним посібником

1	В ячейці A1 та B1	Ввести текст «x» «y»
2	В ячейці A2, A3, A4	Задати значення x
3	В ячейці B2	Задати формулу обчислення функції $y = 2 * A2 + \ln(A2) + 0,5$
4	В ячейки B3 та B4	Скопіювати вміст ячейки B2 та вставити в ячейки B3 та B4
5	Ячейки A1:B4	Виділити
6	Натиснути меню «Вставка» → «Диаграммы» → «Точечная»	Вибираємо графік

6.6. Приклад описового алгоритму до виконання студентами завдання 4 за навчальним посібником

1	Відкриваю Mathcad	Відкривається порожній документ, до якого можна додати текст, рівняння, графіки та зображення.
2	Програмне вікно	Містить такі елементи: кнопка Mathcad Prime, Стрічка, панель швидкого доступу, контекстне меню, робоча область, рядок стану.
3	Кнопка Mathcad Prime	Містить команди для роботи з файлами, такі як: Создать (New), Открыть (Open), Сохранить (Save), Сохранить как (Save as), Печать (Print), Закреть (Close), Выход (Exit)
4	Стрічка	Як і в інших сучасних програмах, складається з вкладок (інтерфейсних груп), на яких згруповані відповідні команди. На вкладках Стрічки відображаються кнопки, призначені для виконання тих чи інших команд, причому кнопки зібрані в контекстно-залежні меню.
5	Робочу область	Можна налаштувати, зменшивши або збільшивши стрічку і додавши команди, що часто використовуються, на панель швидкого доступу.
6	Панель швидкого доступу	Містить команди, що часто використовуються.
7	Контекстне меню	Якщо клацнути документ правою кнопкою миші, можна отримати доступ до команд, які часто використовуються.
8	Рядок стану	Містить номери сторінок документа, кольоровий кружок, що показує стан кнопок: «Найти», «Заменить на», «Параметры поиска», «Регулятор масштабирования», «Представление страницы» и «Режим черновика».

**5. Визначення математичних моделей для розрахунків з технології харчових виробництв.**

Теоретичну значимість мають: закономірність зміни концентрації озону в озоні повітряній суміші всередині зернового матеріалу після припинення озонної обробки, залежності вологості зерна в силосному зерносховищі від способу аерації зернового матеріалу, залежності для визначення

кількості циклів озонування та нагрівання зернового матеріалу, та відсотка зняття вологи за один цикл при сушінні зернового матеріалу, які доповнюють методики розрахунків режимів процесів та параметрів конструкцій обладнання комплексів післязбиральної обробки та зберігання зернового матеріалу.

Таблиця 4. Різновиди моделей кінетики сушіння щільних матеріалів

№	Назва моделі	Рівняння моделі	Складові рівнянь 1–7
1	Ньютона	$MR = \exp(-kt)$	$MR$ – коефіцієнт початкової вологості матеріалу $a, b, c, k, n$ – невідомі коефіцієнти, що визначаються властивостями конкретного матеріалу, початковими параметрами матеріалу і режимами сушіння $t$ – час від початку сушіння, хв
2	Хендерсона-Пабіса	$MR = a \exp(-kt)$	
3	Пейджа	$MR = \exp(-kt^n)$	
4	Видозмінене Пейджа	$MR = \exp(-kt)^n$	
5	Логарифмічна	$MR = a \exp(-kt) + c$	
6	Вонга і Сінга	$MR = 1 + at + bt^2$	
7	Міділли	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$	

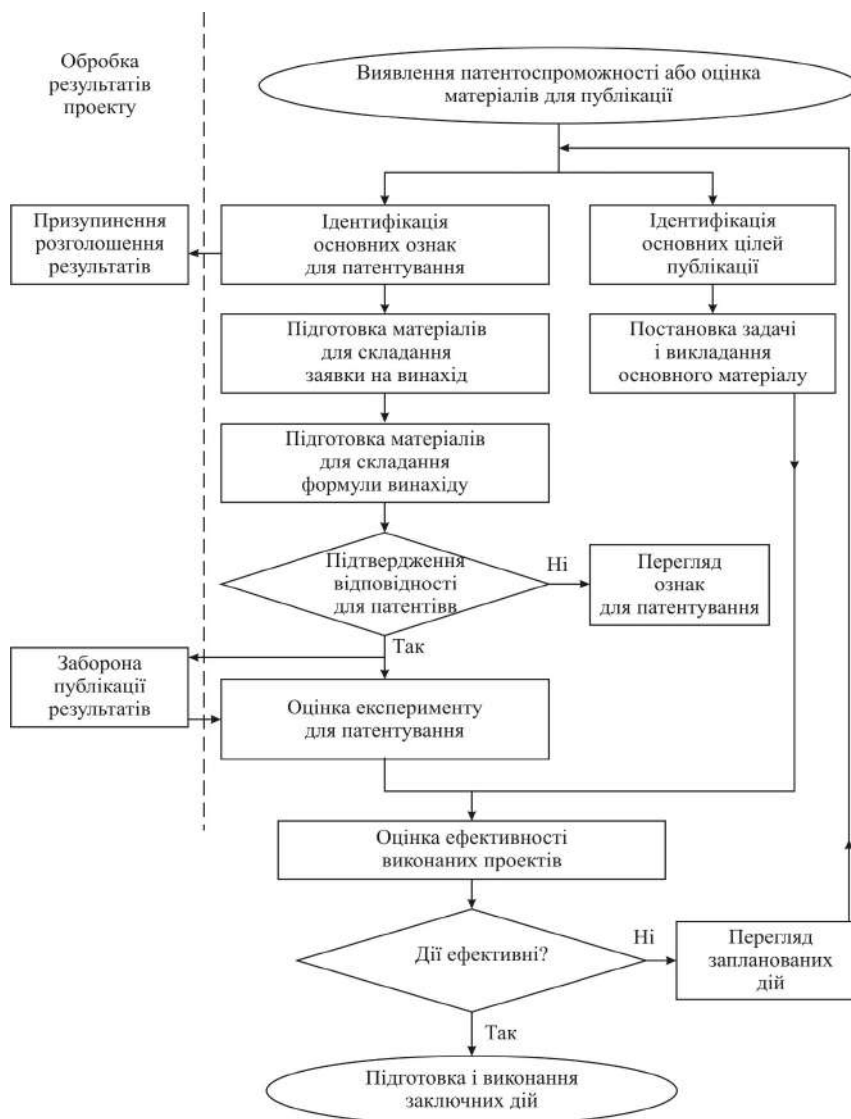


Рис. 3. Алгоритм інформаційної оцінки інноваційного дослідження

Сушіння сипкого матеріалу, за матеріалами дослідження авторів [6], може відбуватися при різних станах шару матеріалу: щільний, розпушений, псевдорозріджений, зважений і падаючий, які визначаються конструктивними особливостями сушарок. У свою чергу, як відомо, щільний малорухомий шар характеризується тим, що при зміщенні окремих частинок різновидів фракцій матеріалу, між ними зберігається, активна поверхня, яка змінюється, але її величина не перевищує поверхню в щільному нерухомому шарі – приклад характерний для шахтних прямоточних сушарок.

Досліджено, для щільного рухомого шару рослинної сировини, що швидкість гравітаційного переміщення в декілька разів перевищує швидкість в щільному малорухомому шарі. Приклад сушіння в рухомому щільному шарі пов'язаний з роботою рециркуляційних сушарок. Як відомо, у щільному шарі матеріалу спостерігається нерівномірність сушіння, яка пов'язана з низькою площиною контакту фаз – матеріалу з сушильним агентом, тобто може мати місце ускладнене проходження сушильного агента крізь шари матеріалу.

Сушіння в псевдорозрідженому стані характеризується підвищеною швидкістю повітряного потоку, що проходить крізь шар матеріалу – час перебування частинок матеріалу в зоні сушіння неоднаковий, що може призвести до нерівномірного сушіння. Тому дуже часто застосовують примусове переміщення псевдорозрідженого шару, що зумовлює додаткові енергозатрати.

Сушіння у зваженому шарі забезпечується повітряним потоком, швидкість якого перевищує швидкість руху частинок матеріалу у ньому в 2...2,5 рази, що забезпечує максимальну площу контакту матеріалу з сушильним агентом, проте додаткові енергозатрати на створення повітряного потоку високої швидкості нажалі мають місце.

У процесі конвективного сушіння, як відомо, за визначенням відбувається тепло- і масообмін між матеріалом і агентом сушіння, що призводить до зміни параметрів сушильного агента і матеріалу в просторі і часі. [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.

В результаті аналізу літературних джерел можна визначити математичні моделі, які описують кінетику процесу сушіння щільних матеріалів (табл. 4) [9–11].

## Висновки та перспективи подальшого розвитку.

Відповідними напрямками навчання за фахом можна визначити:

1) загальна хімічна технологія складає частину теоретичної та експериментальної основи інноваційних виробництв;

2) на кафедрі інтегрованих технологій, процесів та апаратів є фахові викладачі, практично, з усіх галузей хімічної та харчової промисловості за напрямками (як визначено на сайті НУХТ), а не тільки фахівці з технології жирів та пива;

3) можна визнає наявність більш ніж 20 років передового досвіду організації навчально-методичної роботи кафедрою ІТПА НТУ «ХПІ» та накопичення нею компетентнісного рівня освіти;

4) програмним результатом вивчення вищезначених дисциплін є комплексне уявлення про найважливіші поняття інформаційних технологій; 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.

## Список літератури

- 1.Маценко В.Г. Математичне моделювання: навчальний посібник / В.Г. Маценко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014.–519 с
- 2.Юринець В. Є. Методологія наукових досліджень : навч. посібник / В. Є. Юринець. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 178.
- 3.Пат. 27977 Україна, МКВ А01F26В 17/04. Сушарка для сипких матеріалів / Дударев І.М., Кірчук Р.В., Кокалюк Л.Ю. ; заявл. 01.06.07 ; опубл. 26.11.07
- 4.Пат. 43495 Україна, МПК (2009) А01F26В 17/00. Сушарка для сипких матеріалів / Божидарнік В.В, Приймак О.В, Кужель Е.В., Фесенко О.О.; заявл. 05.01.2009; опубл. 25.08.2009, бюл. № 16.
- 5.Подпрятков Г.І. Зберігання і переробка продукції рослинництва/Г.І. Подпрятков, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков, В.С. Хилевич. К.: Мета, 2002. 495 с.
6. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х :НТУ «ХПІ». 208 с.
- 7.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.
- 8.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.

- 9.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.
10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
11. Бухкало С.І. 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.
12. 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 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.
13. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, 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.
14. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
15. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
16. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
17. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160–166.
18. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 72–80.
19. Zipunnikov, Mykola; Bukhkalov, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
20. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhkalov, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
21. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhkalov, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaves and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
22. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
23. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
24. 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.
25. 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.
26. 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-практ. конф. MicroCAD2018, 1618 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 208 с.
27. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП». 2014. № 16. С. 3–11.
28. 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
29. 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
30. 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
31. 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
32. 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. Macenko V.G. Matematichne modeljuvannya: navchal'nij posibnik / V.G. Macenko. – Chernivci: Chernivec'kij nacional'nij universitet, 2014. – 519 p.

2. Jurinec' V.C. Metodologija naukovih doslidzhen' : navch. posibnik / V.C. Jurinec'. – L'viv : LNU imeni Ivana Franka, 2011. – 178 p..
3. Pat. 27977 Ukraïna, MKV A01F26B 17/04. Susharka dlja sipkih materialiv / Dudarev I.M., Kirchuk R.V., Kokaljuk L.Ju. ; zajavl. 01.06.07 ; opubl. 26.11.07
4. Pat. 43495 Ukraïna, MPK (2009) A01F26B 17/00. Susharka dlja sipkih materialiv / Bozhidarnik V.V, Prijmak O.V, Kuzhel' E.V., Fesenko O.O.; zajavl. 05.01.2009; opubl. 25.08.2009, bjul. № 16.
5. Podpriyatov G.I. Zberigannja i pererobka produkcii roslinnictva/G.I. Podpriyatov, L.F. Skalec'ka, A.M. Sen'kov, V.S. Hilevich. K.: Meta, 2002. 495 p.
6. 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.
7. 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.
8. Tovazhnyanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah. Pidruchnik. K.: CNL, 2011. 832 p.
9. Tovazhnyanskij 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.
10. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
11. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». 217 p.
12. 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, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 342.
13. Ol'hovs'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonomirnostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
14. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 412 p.
15. 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
16. 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.
17. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak kom-plekse 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.
18. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatjah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 72–80.
19. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
20. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/cej/article/view/186442>.
21. 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.
22. 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 uchbovoi literaturi»: 2018, 108 p.
23. 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 uchbovoi literaturi»: 2019, 108 p.
24. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnyanskij 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. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2016, 468 p.
25. 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.
26. 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.
27. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». H.: NTU «KhPI». 2014. № 16. – pp. 3–11.
28. 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
29. Bukhhalo S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologij modifikovanih krohmaliv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13
30. 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 virobniactvi pektinu. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 19–30. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.04
31. Bukhhalo S.I. Perspektivi rozvitku tehnologij krohmalju 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
32. 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.

Надійшла (received) 19.05.2021

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

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

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

**Кравченко Вікторія Олегівна (Kravchenko Victoria Olegovna, Kravchenko Viktoriya Olegovna)** – студентка 4 курсу ХНУРЕ, м. Харків, Україна

**Комірний Руслан Юрійович (Komirny Ruslan Yuriyovich, Комирный Руслан Юрьевич)** – студент 3 курсу НТУ «ХПИ», м. Харків, Україна

**S. I. BUKHALO, V. O. KRAVCHENKO, R. YU. KOMIRNIY  
INFORMATION TECHNOLOGIES AND MATHEMATICAL MODELING IN EDUCATION OF STUDENTS OF  
NTU «KHPI» IN EMERGENCY CONDITIONS AND SURVIVAL SITUATIONS**

The materials of the article consider the possibilities of determining and applying the components of information and computing technologies for various specialties of student education. The work presents examples of the formation of complex knowledge about the principles of construction and operation of the software for determining the possibilities of effective use of modern information and communication technologies in the professional activity of a technologist according to the types of specialization of students starting from the first year of study. When writing the article, many years of experience in teaching the disciplines «General Food Industry Technology» and «Mathematical Modeling and Optimization of Chemical Technology Objects» at the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» at the Department of Integrated Technologies, Processes and Devices were used. This experience and good knowledge of the subject determined the high quality of the material for teaching the discipline, and the issues under consideration are overlooked through the prism of one's own creative perception, which makes the material particularly valuable. Developments were carried out using modern, highly effective scientifically based technologies for the use of raw materials, examples and some features of possible learning solutions are presented, which are based on experimental data for the development of process mechanisms and their scientific justification in the form of information technology objects; detailed and analyzed: components of information systems by types of activity;

**Keywords:** information technologies, chemical technology and engineering, training systems, complex innovative projects, computational methods, optimization objects

**S. I. БУХКАЛО, В. О. КРАВЧЕНКО, Р. Ю. КОМІРНИЙ  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОБЧЕНИИ  
СТУДЕНТОВ НТУ «ХПИ» В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ УСЛОВИЯХ И СИТУАЦИЯХ ВЫЖИВАНИЯ**

В материалах статьи рассмотрены возможности изучения и применения информационных технологий и вычислительных методов для разновидностей специальностей обучения студентов. В работе представлены примеры формирования комплексных знаний о принципах построения и функционирования программного определения возможностей эффективного использования современных информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности инженера-технолога по разновидностям специализации студентов, начиная с первого курса обучения. При написании статьи использован многолетний опыт преподавания дисциплины «Общая технология пищевой промышленности» и «Математическое моделирование и оптимизация объектов химической технологии» в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» на кафедре интегрированных технологий, процессов и аппаратов. Этот опыт является основанием для преподавания дисциплины, а рассматриваемые вопросы пропущены через призму собственного творческого восприятия, что делает материал особенно ценным. Разработки проведены с применением современных высокоэффективных научно-обоснованных технологий использования сырья, представлены примеры и некоторые особенности возможных решений обучения, основанные на экспериментальных данных разработки механизмов процессов и их научного обоснования в виде объектов информационных технологий; детализированы и проанализированы: составляющие информационных систем по разновидностям деятельности;

**Ключевые слова:** информационные технологии, химическая технология и инженерия, системы обучения, комплексные инновационные проекты, вычислительные методы, объекты оптимизации

## ЗМІСТ

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

<i>Г. В. ЛІСАЧУК, Р. В. КРИВОБОК, В. В. ВОЛОЩУК</i> ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ СПІКАННЯ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ $BaO - Al_2O_3 - SiO_2$ .....	3
<i>VALERIJA ANANIEVA, OLEKSANDRA VARANKINA, TETIANA OVSIANNIKOVA, SVITLANA ZHIRNOVA</i> ENRICHMENT OF THE PRODUCTS OF FAT-AND-OIL AND BIOTRCHNOLOGY INDUSTRIES BY ANTIOXIDANTS AND PRESERVATIVES OF POWDERS FROM BARRY RAW MATERIALS .....	9
<i>В. О. БАХМАЧ, Л. В. ПЕШУК, О. О. ЧЕРНУШЕНКО, А. М. САВЧЕНКО, С. О. ПЕТРЕНКО</i> ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА КОМПОНЕНТІВ У ВИРОБНИЦТВІ ЕМУЛЬСІЙНИХ ПРОДУКТІВ .....	18

## МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

<i>В. Р. НИКУЛЬШИН, А. Є ДЕНИСОВА, С. И. МЕЛЬНИК, В. В. ВИСОЧИН, С. І. БУХКАЛО, А. М. АНДРЮЩЕНКО</i> МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ОКРЕМИХ СТУПЕНІВ ВИПАРКИ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА .....	23
<i>О. Р. PRISHCHENKO, N. V. CHEREMSKAYA, T. T. CHERNOGOR, S. I. BUKHKALO</i> INNOVATIVE METHODS OF TEACHING THE DISCIPLINE HIGHER MATHEMATICS TO STUDENTS STUDYING CHEMICAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING .....	30
<i>О. Р. PRISHCHENKO, N. V. CHEREMSKAYA, S. I. BUKHKALO</i> EXAMPLES OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR RECONSTRUCTION FROM THE DATA OF THE SPECTRUM OF SOME CLASSES OF RANDOM FUNCTIONS .....	38

## ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

<i>N. V. KONDRATIUK, A. Yu. CHERNIAVSKA, L. I. PUGACH, K. I. SYTNYK</i> TECHNOLOGICAL AND COMMODITY SCIENCE ASPECTS OF INCREASING THE COMPETITIVENESS OF GEL DRINKS WITH AN "ANTI-AGE" EFFECT .....	44
<i>О. О. ЧЕРНУШЕНКО, А. Ю. ЧЕРНЯВСЬКА, М. О. ГРЕЧИШКІНА</i> ВМІСТ НІТРАТІВ В ОВОЧАХ ЗРОЩЕНИХ ВОДАМИ ВОДОЙМИЩ ТЕРИТОРІЙ ПІВНІЧНОГО ТА ІНГУЛЕЦЬКОГО ГЗК .....	49
<i>О. О. ЧЕРНУШЕНКО, О. В. САЄВИЧ, Г.О. ОСТРОВСЬКА</i> ШЛЯХИ ЗБАГАЧЕННЯ ХАЧОВИХ РАЦІОНІВ СТУДЕНТІВ БІОГЕННИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ .....	54

## ІННОВАЦІЙНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

<i>S. BUKHKALO, A. AGEICHEVA, M. MOSKALENKO, I. ROZHENKO, O. BELYANSKIY</i> PROFESSIONAL COMPETENCE FORMATION WHILE TRAINING FIELD TRANSLATION SPECIALISTS .....	61
<i>В. О. КРАВЧЕНКО, С. І. БУХКАЛО, С. П. ІГЛІН</i> ПРИКЛАДИ ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РІЗНОВИДІВ ГАЛУЗЕЙ ПРОМИСЛОВОСТІ .....	70
<i>С. І. БУХКАЛО, В. О. КРАВЧЕНКО, Р. Ю. КОМІРНИЙ</i> ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ НТУ «ХПІ» У НАДЗВИЧАЙНИХ УМОВАХ ТА СИТУАЦІЯХ ВИЖИВАННЯ .....	79
<b>ЗМІСТ</b> .....	90

## CONTENT

### INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC DEVELOPMENTS

<b>G. V. LISACHUK, R. V. KRYVOBOK, V. V. VOLOSHCHUK</b> INTENSIFICATION OF THE SINTERING PROCESS OF CERAMIC MATERIALS BASED ON THE BaO – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – SiO <sub>2</sub> SYSTEM .....	3
<b>VALERIIA ANANIEVA, OLEKSANDRA VARANKINA, TETIANA OVSIANNIKOVA, SVITLANA ZHIRNOVA</b> ENRICHMENT OF THE PRODUCTS OF FAT-AND-OIL AND BIOTRCHNOLOGY INDUSTRIES BY ANTIOXIDANTS AND PRESERVATIVES OF POWDERS FROM BARRY RAW MATERIALS .....	9
<b>V. A. BAKHMACH, L. V. PESHUK, E. A. CHERNUSHENKO, A. M. SAVCHENKO, S. A. PETRENKO</b> USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND COMPONENTS IN THE MANUFACTURE OF EMULSION PRODUCTS .....	18

### MODELING AS A TOOL OF INNOVATION

<b>V. R. NIKULSHIN, A. E. DENYSOVA, S. I. MELNIK, V.V. WYSOCHIN, S. I. BUKHKALO, A. M. ANDRYUSHCHENKO.</b> METHOD OPTIMIZATION OF SEPARATE SECTIONS IN SUGAR PRODUCTION .....	23
<b>O. P. PRISHCHENKO, N. V. CHEREMSKAYA, T. T. CHERNOGOR, S. I. BUKHKALO</b> INNOVATIVE METHODS OF TEACHING THE DISCIPLINE HIGHER MATHEMATICS TO STUDENTS STUDYING CHEMICAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING .....	30
<b>O. P. PRISHCHENKO, N. V. CHEREMSKAYA, S. I. BUKHKALO</b> EXAMPLES OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR RECONSTRUCTION FROM THE DATA OF THE SPECTRUM OF SOME CLASSES OF RANDOM FUNCTIONS .....	38

### ENERGY AND RESOURCE SAVING AS PROBLEMS AND TECHNOLOGIES OF INNOVATIONS

<b>N. V. KONDRATIUK, A. Yu. CHERNIAVSKA, L. I. PUGACH, K. I. SYTNYK</b> TECHNOLOGICAL AND COMMODITY SCIENCE ASPECTS OF INCREASING THE COMPETITIVENESS OF GEL DRINKS WITH AN "ANTI-AGE" EFFECT .....	44
<b>E. A. CHERNUSHENKO, A. Y. CHERNIAVSKA, M. A. HRECHYSHKINA</b> NITRATE CONTENT IN VEGETABLES IN WATER-INRATED WATER BODIES OF THE NORTHERN AND INGULETSKY GOK .....	49
<b>E. A. CHERNUSHENKO, O. V. SAEVICH, H. A. OSTROVSKA</b> WAYS OF ENRICHING STUDENTS' FOOD DIETS WITH BIOGENIC ELEMENTS .....	54

### INNOVATIVE SCIENTIFIC RESEARCH DIFFERENT PURPOSES

<b>S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, Z. H. DERKUNSKA, N. PSHYCHKINA, A. VYPOVSKA</b> STARTUP PROJECTS MACHINE TRANSLATION STRATEGY IN EXAMPLES AND PROBLEMS ..	61
<b>V. O. KRAVCHENKO, S. I. BUKHKALO, S. P. IGLIN</b> EXAMPLES OF DETERMINING THE COMPONENTS OF INFORMATION AND COMPUTATION TECHNOLOGIES FOR DIFFERENT INDUSTRIES .....	70
<b>S. I. BUKHKALO, V. O. KRAVCHENKO, R. YU. KOMIRNIY</b> INFORMATION TECHNOLOGIES AND MATHEMATICAL MODELING IN EDUCATION OF STUDENTS OF NTU "KHPI" IN EMERGENCY CONDITIONS AND SURVIVAL SITUATIONS .....	79
<b>CONTENT</b> .....	90

*НАУКОВЕ ВИДАННЯ*

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХПІ»  
СЕРІЯ: ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У НАУКОВИХ РОБОТАХ  
СТУДЕНТІВ**

*Збірник наукових праць*

*№ 1'2022*

Головний редактор: канд. техн. наук, чл-кор. НАН вищої освіти України, проф. С.І. Бужало

Технічний редактор: доц. Н.М. Мірошніченко

Відповідальний за випуск канд. техн. наук, доц. Н.М. Мірошніченко

**АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ:** 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХПІ».  
Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів.  
Тел.: (057) 707-63-04; +380673010613, e-mail: [bis.khr@gmail.com](mailto:bis.khr@gmail.com)

Підп. до друку 01.07.22 р. Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.  
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,0. Облік.-вид. арк. 8,75  
Тираж 100 пр. Зам. № 25. Ціна договірна.

---

Друкарня «ФОП Пісня О. В.». Свідоцтво про державну реєстрацію  
суб'єкта видавничої справи ВО2 № 248750 від 13.09.2017 р.  
61002, Харків, вул. Гіршмана, 16а, кв. 21, тел. 0932430788

---