

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів

№ 18 (1240) 2017

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2017

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів – Х. : НТУ «ХПІ». – 2017. – № 18 (1240). – 100 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ № 5256 від 2 липня 2001 року

Мова статей – українська, російська, англійська.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого Постановою президії ВАК України від 26 травня 2010 р., № 1 – 05/4 (Бюлетень ВАК України, № 6, 2010 р., с. 3, № 20).

Координаційна рада:

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України (**голова**);
К. О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);
А. П. МАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Є. І. СОКОЛ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України;
Є. Є. АЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук, проф.; А. В. БОЙКО, д-р техн. наук, проф.;
Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук, проф.; М. Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;
А. І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В. Г. ДАНЬКО, д-р техн. наук, проф.;
В. Д. ДМИТРИЄНКО, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. ДОМНІН, д-р техн. наук, проф.;
В. В. ЄПІФАНОВ, канд. техн. наук, проф.; Ю. І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.;
П. О. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.; В. Б. КЛЕПІКОВ, д-р техн. наук, проф.;
С. І. КОНДРАШОВ, д-р техн. наук, проф.; В. І. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.;
Г. В. ЛІСАЧУК, д-р техн. наук, проф.; О. К. МОРАЧКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;
В. І. НІКОЛАЄНКО, канд. іст. наук, проф.; П. Г. ПЕРЕРВА, д-р екон. наук, проф.;
В. А. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф.; М. І. РИЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.;
В. Б. САМОРОДОВ, д-р техн. наук, проф.; Г. М. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф.;
М. А. ТКАЧУК, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Л.М. Ульєв, д-р техн. наук, проф.

Заст. відповідального редактора: С.І. Бухкало, канд. техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: С.І. Бухкало, канд. техн. наук, проф.

Члени редколегії: М.І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; Ф.Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.;

М.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.; В.І. Мілих, д-р техн. наук, проф.;

О.В. Григоров, д-р техн. наук, проф.; В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.;

І.Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.; С.І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.;

О.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.; О.В. Єфімов, д-р техн. наук, проф.;

А.Г. Гурин, д-р техн. наук, проф.; В.І. Ткачук, д-р техн. наук, проф.;

П.О. Капустенко, канд. техн. наук, проф.; О.П. Арсеньєва, д-р техн. наук, проф.;

М.І. Сатаєв, д-р техн. наук, чл.-кор. АН РК; Й. Клемеш, Phd, проф. ун-ту Паннонія, м. Веспрем;

П. Стехлик, Phd, проф., директор Інституту інженерної технології і захисту навколишнього середовища Технологічного університету, професор VUT Брно, Чехія

*У квітні 2013 р. Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ», серія «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів», включений у довідник періодичних видань бази даних **Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).***

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 6 від 07 липня 2017 р.

УДК 378.65.011.56

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, П. О. КАПУСТЕНКО, В. Є. ВЕДЬ, С. І. БУХКАЛО**НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКОЇ АСОЦІАЦІЇ ХІМІЧНОЇ І ХАРЧОВОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

Представлена інформація про Українську асоціацію хімічної і харчової інженерії – Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering (CFE-UA). На черговій нараді Виконавчої ради Європейської федерації хімічної інженерії (EFCE), що відбулась в квітні 2017 року Українська асоціація хімічної і харчової інженерії (CFE –UA) визнана членом EFCE. Включення нових делегатів від України до складу робочих груп EFCE – унікальна можливість для установ вищої освіти, науково-дослідних організацій та промислових компаній відповідного профілю внести свій вклад в рішення сучасних і прогресивних наукових та технічних питань, пов'язаних з розвитком хімічної та харчової технологіями, а також хімічним машинобудуванням. EFCE регулярно публікує інформаційну газету і запрошує членів CFE-UA до відправки в це видання інформацію про їх діяльність в науці, практиці і суспільстві та про заплановані організаційні збори.

Ключові слова: Європейська федерація хімічної інженерії (EFCE), Українська асоціація хімічної і харчової інженерії (CFE –UA), сучасні науково-обґрунтовані інноваційні рішення, глобальні задачі хімічної і харчової інженерії.

Представлена информация о Украинской ассоциации химической и пищевой инженерии – Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering (CFE-UA). На очередном заседании Исполнительного совета Европейской федерации химической инженерии (EFCE) в апреле 2017 года Украинская ассоциация химической и пищевой инженерии, CFE-UA принята в качестве члена EFCE. Выдвижение новых делегатов от Украины в состав рабочих групп EFCE – уникальная возможность для высших учебных заведений, компаний, научно-исследовательских и проектных организаций внести свой вклад в развитие и решение современных прогрессивных научных и технических вопросов, связанных с химической и пищевой технологиями, а также химическим машиностроением, с целью решения глобальных задач. Европейская федерация химической инженерии EFCE регулярно публикует информационную газету, EFCE приглашает к отправке им информации о деятельности в обществе CFE-UA и запланированных мероприятиях в работе.

Ключевые слова: Европейская федерация химической инженерии (EFCE), Украинская ассоциация химической и пищевой инженерии (CFE-UA), современные научно-обоснованные инновационные решения, глобальные задачи химической и пищевой инженерии.

The information about Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering (CFE-UA) is presented. At its regular meeting in April 2017, the Executive Board of the European Federation of Chemical Engineering (EFCE) approved to welcome the Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering (CFE-UA) as a full EFCE Member Society with voting rights. EFCE kindly invite Members of the Ukrainian Association of Chemical Engineering representation in the EFCE Working Parties by nominating new delegates to the Working Parties. EFCE is a unique opportunity for high education centers, companies, research and project organizations to contribute to the advancement and development of up-to-date and progress scientific and technical issues related to the field of Chemical Engineering and proposing solutions for global challenges. EFCE is regularly publishing a newspaper. The European Federation of Chemical Engineering (EFCE) are most welcome us to send information on CFE-UA society's mission and planned activities.

Keywords: the European Federation of Chemical Engineering (EFCE), the Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering (CFE-UA), progressive scientifically based innovative solutions, global problems of Chemical and Food Engineering.

Вступ.

Концептуальні положення з організації різновидів науково-обґрунтованої технічної та технологічної професійної підготовки майбутніх фахівців в Україні базуються на законах України «Про освіту», «Про вищу освіту», «Про професійно-технічну освіту», положеннях, які містять Державна національна програма «Освіта» («Україна XXI століття»), Національна доктрина розвитку освіти, Болонська декларація (1999), документах Євросоюзу, щодо необхідності креативності, безперервності, диверсифікації й гнучкості, прогностичності, доступності, відкритості, з урахуванням інноваційних потреб суспільства. Постійне прагнення викладачів вищих навчальних закладів (ВНЗ) та науковців України до удосконалення професійної підготовки майбутніх фахівців у галузях хімічної та харчової промисловості спонукає до пошуків нових сучасних методів викладання дисциплін, впровадження інноваційних технологій на усіх стадіях навчання [1–4].

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

21–23 вересня 2016 року у Національному університеті «Львівська політехніка» відбувся 4-й міжнародний конгрес «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», в роботі якого прийняли участь провідні вчені університетів України та Польщі за фаховим профілем. Засновники Конгресу – Міністерство освіти і науки України, Львівська обласна державна адміністрація, Національний університет «Львівська політехніка», Західний науковий центр НАН України і Міністерства освіти і науки України, Всеукраїнська екологічна ліга.

До розгляду були запропоновані ключові питання хімічної та харчової технології.

1. Комплексний підхід у захисті навколишнього середовища: моніторинг, аудит, системний аналіз та оцінка ризику, управління.

© Л. Л. Товажнянський, П. О. Капустенко, В. Є. Ведь, С. І. Бухкало. 2017

2. Відновлювані та нетрадиційні джерела енергії: видобуток, застосування, екологічні проблеми.

3. Інноваційні природоохоронні технології. Технології підвищення ефективності використання матеріалів, води та енергії.

4. Формування освіти та виховання для збалансованого природокористування та сталого розвитку: зміст, методи і засоби освіти, роль громадських екологічних організацій.

5. Теоретичні та прикладні аспекти сталого розвитку.

6. Розвиток екологічного туризму в аспекті сталого розвитку.

Професора кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») Капустенко П.О. і Ведь В.Є. на конгресі зробили пленарну доповідь щодо роботи EFCE. Підсумком обговорення цієї доповіді було прийняття рішення конгресу про створення робочої групи при НТУ «ХПІ», котра б створила структуру об'єднання вчених України відповідного профілю у асоціацію хімічної і харчової інженерії, координувала та відповідала за впровадження заходів цього об'єднання вчених. Конгрес висловив прохання члену-кореспонденту НАН України Товажнянському Л.Л. очолити на громадських засадах неприбуткову Українську асоціацію хімічної і харчової інженерії і запропонував створити робочу групу асоціації із професорів кафедри ІТПА НТУ «ХПІ» Ведя В.Є., Капустенка П.О. Секретарем робочої групи призначити проф. кафедри ІТПА Бухкало С.І.

Європейська федерація хімічної інженерії (EFCE) являє собою об'єднання національних неприбуткових федерацій (асоціацій) хімічної інженерії. Вона була створена у 50-х роках минулого сторіччя з метою сприяння кооперації у Європі національних неприбуткових професійних наукових та технічних об'єднань для забезпечення прогресу хімічної інженерії та розробки сучасних засобів та технологій.

Структура EFCE включає в себе робочі групи та секції з основних напрямків хімічної та харчової інженерії.

Найменування секцій:

1) проектування та інженерія цільового продукту;

2) харчова інженерія;

3) мембранна інженерія;

4) сталий розвиток.

Робочі групи федерації:

1) освіта;

2) комп'ютерна процесна інженерія;

3) безпека на виробництві та мінімізація шкідливих промислових викидів;

4) інженерія хімічних реакцій;

5) сепарація рідин;

6) електрохімічна інженерія;

7) кристалізація;

8) течія багатофазних середовищ;

9) змішання;

10) механіка подрібнених твердих фаз;

11) статична електрика у промисловості;

12) сушка;

13) роздроблення та класифікація;

14) системи характеристики частинок;

15) технології високого тиску;

16) інженерія полімерних реакцій;

17) агломерація;

18) інтенсифікація процесів;

19) термодинаміка та транспортні властивості;

20) дизайн та якість.

На веб-сайті EFCE за адресом www.efce.info наведені робочі документи та протокол зібрання Генеральної Асамблеї.

CFE-UA являється структурно складовою частиною EFCE. Вчені України представлені в робочих групах – 2 (проф. П.О. Капустенко, НТУ «ХПІ»), – 4 (проф. А.А. Фокін, НТУУ «КПІ»), та – 15 (академік АА. Долінський, ІТТФ НАН України).

CFE-UA сприяє співробітництву з EFCE між некомерційними професійними науково-технічними товариствами для загального розвитку хімічної та харчової промисловості, а також це засіб сприяння розвитку хімічної та харчової технології, що планується у наступних заходах для членів асоціації:

1) укріплення представництва України в робочих групах EFCE делегатами від CFE-UA за означеними напрямками;

2) клопотання керівництва CFE-UA до EFCE щодо безкоштовної публікації наукових розробок членів асоціації у провідних європейських журналах;

3) безкоштовна публікація матеріалів рекламного напрямку вітчизняних виробників хімічної і харчової продукції;

4) надання членам CFE-UA безкоштовної інформації про конференції, форуми та семінари в Україні та Європі;

5) утворення сприятливих умов для участі молодих вчених – членів CFE-UA у Європейських конференціях за рахунок, наприклад, зниження суми організаційних внесків;

6) сприяння підвищенню професійного та етичного рівня членів CFE-UA шляхом надання їм безкоштовної методологічної і консультаційної допомоги, організація і проведення лекцій, семінарів та інших заходів;

7) надання майданчиків і площ для проведення занять, тренувальних заходів і оздоровчих практик, якщо вони проводяться під егідою CFE-UA;

8) розробка пропозицій CFE-UA до державних програм, законодавчих актів, спрямованих на розвиток і удосконалення громадського суспільства в Україні, сприяння втіленню їх у життя.

Основною метою діяльності громадської організації CFE-UA є вирішення питань розвитку хімічної та харчової промисловості в Україні та співпраця з EFCE, організація Українських та

Міжнародних наукових конференцій, семінарів, симпозіумів, обмін науковими досягненнями, організація виставок, екскурсійних відвідувань наукових лабораторій членів Організації.

Відповідними напрямками діяльності CFE-UA є: вирішення питань з розвитку хімічної та харчової промисловості; вирішення питань співпраці з EFCE; участь та організація Українських та Міжнародних наукових конференцій; обмін науковими досягненнями; сприяння становленню творчих ініціатив, спрямованих на поліпшення структур освіти; надання освітніх, інформаційних, посередницьких та інших послуг населенню, підприємствам і організаціям; здійснення соціальної, рекламної, видавничої та іншої інформаційної діяльності в Україні та за її межами; створення цільових фондів підтримки невеликих альтернативних програм; проведення благодійних заходів; здійснення інших видів діяльності, пов'язаних з досягненням статутних цілей, які не заборонені чинним законодавством. розповсюдження інформації про діяльність Організації.

Для здійснення цілей і діяльності, зазначених у даному Статуті CFE-UA асоціація користується правом: встановлювати контакти з подібними організаціями в інших країнах; виступати учасником цивільно-правових відносин, набувати майнові і немайнові права; одержувати від органів державної влади і управління та органів місцевого самоврядування інформацію, необхідну для реалізації своїх цілей і завдань; вносити пропозиції до органів влади і управління; інформаційно, організаційно та матеріально підтримувати інші об'єднання громадян, надавати допомогу в їх створенні; створювати установи, організації та підприємства, необхідні для виконання статутних цілей, а також засоби масової інформації; брати участь у міжнародних культурних заходах, для реалізації цілей організації; сприяти державним органам у здійсненні контролю за якістю товарів (робіт, послуг), торговельного та інших видів обслуговування; організовувати юридичну, консультаційну, експертну допомогу споживачам відповідно до чинного законодавства України; сприяти розвитку міжнародного співробітництва в галузі захисту прав та інтересів соціальних слоїв населення. вивчення і поширення досвіду профільних українських та закордонних організацій; надання консультацій та рекомендацій членам асоціації щодо ефективного здійснення розвитку започаткованої ними соціальної діяльності в Україні, в установленому законодавством порядку; сприяння підвищенню рівня кваліфікації і професіоналізму членів асоціації утвердження взаємної довіри, надійності, порядності та ділового партнерства у взаємовідносинах між членами асоціації та іншими організаціями; забезпечення захисту прав та законних інтересів членів Організації в органах державної влади, місцевого самоврядування, перед

юридичними та фізичними особами та в громадських органах та організаціях; сприяння збереження традицій, культурних цінностей членів асоціації в установленому законодавством порядку; розповсюдження серед населення свого світогляду, використовуючи для цього всі законні шляхи і засоби; організація діяльності культурно-масових заходів, спрямованих на ознайомлення та вивчення культур членів асоціації, в рамках реалізації статутних цілей асоціації; організація, підтримка та підвищення рівня правової обізнаності членів асоціації; сприяння відновленню прав та законних інтересів членів асоціації в разі, якщо такі права були порушені; координація діяльності членів асоціації для досягнення мети та напрямів діяльності; створення газет, журналів, видавництв; установлення та розвиток зв'язків із вітчизняними й зарубіжними громадськими й державними організаціями з питань, що входять до компетенції асоціації; заснування засобів масової інформації; сприяння членам асоціації на отримання повної та достовірної інформації про діяльність державних та недержавних органів, міжнародних організацій, установ, юридичних осіб різних організаційно-правових форм; сприяння розвитку демократичної культури соціального та політичного спілкування та взаємодії, вдосконаленню системи зв'язків міжнародних організацій, державних установ, бізнес-структур та громадськості в розбудові системи захисту прав; аналітичне опрацювання основних наявних документів європейських структур, узагальнення вимог та рекомендацій, порівняння реальної ситуації з виробленими стандартами; розробка пропозицій до державних програм, законодавчих актів, спрямованих на розвиток і удосконалення громадського суспільства в Україні, Євросоюзі та інших країн, сприяння втіленню їх у життя; сприяння підвищенню професійного та етичного рівня своїх членів шляхом надання їм безкоштовної методологічної і консультаційної допомоги, організація і проведення лекцій, семінарів та інших заходів; надання майданчиків і площ для проведення занять, тренувальних заходів і оздоровчих практик; виготовлення та розповсюдження сувенірної продукції і фірмових аксесуарів, костюмів і форми, пов'язаних з діяльністю асоціації.

Для забезпечення виконання статутних цілей та напрямів діяльності асоціація має право створювати робочі групи, комісії, школи, обирати представників та уповноважувати їх представляти інтереси членів асоціації в органах державної влади, органах внутрішніх справ, прокуратурі, суді; у встановленому законом порядку вільно організовувати та проводити збори, зустрічі, брати участь у громадських слуханнях та інших масових заходах, не заборонених чинним законодавством; співпрацювати та підтримувати дружні стосунки з іншими громадськими організаціями; може входити та бути

засновником інших громадських організацій, у тому числі спілок громадських організацій.

Президент Української асоціації хімічної і харчової інженерії Товажнянський Л.Л. – член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії, Заслужений діяч науки і техніки України, Заслужений працівник вищої школи, Почесний ректор НТУ «ХП».

Наукові інтереси: засновник наукової школи інтенсифікації тепломасообмінних процесів в гетерогенних системах та інтеграції процесів і енергозбереження. Автор більш, ніж 700 наукових праць.

Склад робочої групи з організаційних питань CFE-UA:

Виконавчий директор асоціації Капустенко П.О. – кандидат технічних наук, професор кафедри ІТПА НТУ «ХП», дійсний член Академії будівництва України, Голова Правління та Генеральний директор Акціонерного Товариства «Співдружність-Т» (Україна).

Наукові інтереси: дослідження процеси тепло- та масообміну при зміні агрегатного стану речовин у каналах складної геометричної форми, синтез оптимальних теплообмінних систем пластинчастих теплообмінників та їх інтеграція в промислові агрегати; інтеграція теплових процесів з метою енергозбереження. Автор більш, ніж 200 наукових праць.

Віце-президент асоціації з організаційних справ Ведь В.С. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ІТПА НТУ «ХП».

Наукові інтереси: високотемпературне матеріалознавство, процеси теплообміну, гетерогенний каталіз. Автор більш, ніж 300 наукових праць.

Секретар робочої групи асоціації Бухкало С.І. – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри ІТПА НТУ «ХП».

Наукові інтереси: екологічнобезпечний сталий розвиток хімічної та харчової технології, дослідження та наукове обґрунтування синергетичних реакційно-масообмінних процесів утилізації-модифікації полімерної частки твердих побутових відходів.

Список литературы:

1. Klemes, J.J., Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyanskyy L. Compact Heat Exchangers for Energy Transfer Intensification: Low Grade Heat and Fouling Mitigation. – CRC Press, FL, USA, 2015. – 354 p.
2. Мешалкин В.П., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А. Основы теории ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем. – Харків, НТУ «ХП», 2006. – 412 с.

Перспективи подальшого розвитку CFE-UA

3 ціллю підвищення визнання досягнень української хімічної і харчової інженерії вченими Європейської спільноти задачами CFE-UA вважаються:

1) підвищення рівня цитування наукових робіт у міжнародних науково-метричних базах;

2) зміцнення представництва України в робочих групах та секціях EFCE делегатами від асоціації CFE-UA за означеними напрямками;

3) сприяння безкоштовної публікації наукових розробок членів асоціації у провідних європейських журналах;

4) публікація матеріалів рекламного напрямку стосовно хімічної і харчової інженерії у виданнях;

5) надання регулярної інформації про проведення різного рівня міжнародних конференцій, форумів та семінарів в Україні та Європі;

6) утворення сприятливих умов для участі молодих вчених у Європейських конференціях за рахунок, наприклад, зниження суми організаційних внесків;

7) сприяння підвищенню професійного та етичного рівня своїх членів шляхом надання їм безкоштовної методологічної і консультативної допомоги, організація і проведення лекцій, семінарів та інших заходів;

8) надання майданчиків і площ для проведення занять, тренувальних заходів і оздоровчих практик;

9) розробка пропозицій до державних програм, законодавчих актів, спрямованих на розвиток і удосконалення громадського суспільства в Україні, Євросоюзі та інших країн, сприяння втіленню їх у життя, і т.і.

CFE-UA сприятиме співробітництву вчених та виробників хімічної та харчової промисловості України з провідними фахівцями Європейської спільноти та світу для загального розвитку хімічної та харчової промисловості, наприклад, розповсюдження деяких наукових розробок з напрямків позначених нижче за текстом [1–10]. Додаткову інформацію можна знайти на сайті cfe.org.ua та написавши листа за електронним адресом cfe.ukraine@gmail.com

3. Товажнянский Л.Л. и др. Пластинчатые теплообменники в промышленности // – Харків, НТУ «ХП», 2004. 232 с.
4. Мешалкин В.П., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А. Основы энергоресурсоэффективных экологически безопасных технологий нефтепереработки. – Харків, НТУ «ХП», 2011. 410 с.
5. Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Бухкало С.И. и др. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение. – Харків, НТУ «ХП», 2005. – 460 с.

6. Valery E. Ved', Evgeny V. Krasnokutskiy, Marat I. Satayev, Alena V. Ved', Abdilla A. Saipov. Calculation of the Operation Parameters of the Catalytic Converters of the Harmful Gas Impurities // Chemical Engineering Transactions. Vol. 52, 2016. – P. 91–96. DOI: 10.3303/CET1652016
7. V. Ved', L. Tovazhnyanskiy, V. Koshchiy, Ye. Krasnokutskiy. Modelling Of Hydrocarbons Catalytic Conversion Process // Chemistry & Chemical Technology, 2015, Vol. 9, No. 1, pp. 101–106.
8. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін.. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах та задачах. Підручник з грифом МОНУ: – Київ: Центр учбової літератури, 2011. – 832 с.
9. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах та задачах (тестові завдання). Підручник з грифом МОНУ: – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 412 с.
10. Бухкало С.І., Денисова А.Є., Демідов І.М., Капустенко П.О., Арсен'єва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах: інноваційні заходи. (підручник з грифом МОН України, 2-ге видання, перероблене), Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 470 с.
3. Tovazhnyanskiy L.L. i dr. Plastinchatye teploobmenniki v promyshlennosti // – Harkiv, NTU «HPI», 2004. 232 p.
4. Meshalkin V.P., Tovazhnyanskiy L.L., Kapustenko P.A. Osnovy jenergoresursojeffektivnyh jekologicheskij bezopasnyh tehnologij neftepererabotki. – Harkiv, NTU «HPI», 2011. 410 p.
5. Tovazhnyanskiy L.L., Kapustenko P.A., Buhkalo S.I. i dr. Osnovnye tehnologii pishhevyh proizvodstv i jenergosberezhenie. – Harkiv, NTU «HPI», 2005. – 460 p.
6. Valery E. Ved', Evgeny V. Krasnokutskiy, Marat I. Satayev, Alena V. Ved', Abdilla A. Saipov. Calculation of the Operation Parameters of the Catalytic Converters of the Harmful Gas Impurities // Chemical Engineering Transactions. Vol. 52, 2016. – P. 91–96. DOI: 10.3303/CET1652016
7. V. Ved', L. Tovazhnyanskiy, V. Koshchiy, Ye. Krasnokutskiy. Modelling Of Hydrocarbons Catalytic Conversion Process // Chemistry & Chemical Technology, 2015, Vol. 9, No. 1, pp. 101–106.
8. Tovazhnyanskiy L.L., Buhkalo S.I., Kapustenko P.O. ta in.. Zagal'na tehnologija harchovoi promislovosti u prikladah ta zadachah. Pidruchnik z grifom MONU: – Kiiv: Centr uchbovoi literaturi, 2011. – 832 p.
9. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislovosti u prikladah ta zadachah (testovi zavdannja). Pidruchnik z grifom MONU: – Kiiv: Centr uchbovoi literaturi, 2014. – 412 p.
10. Buhkalo S.I., Denisova A.E., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislovosti u prikladah i zadachah: innovacijni zahodi. (pidruchnik z grifom MON Ukraini, 2-ge vidannja, pereroblene), Kiiv: Centr uchbovoi literaturi, 2016. – 470 p.

Bibliography (transliterated)

1. Klemes, J.J., Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyanskiy L. Compact Heat Exchangers for Energy Transfer Intensification: Low Grade Heat and Fouling Mitigation. – CRC Press, FL, USA, 2015. – 354 p.
2. Meshalkin V.P., Tovazhnyanskiy L.L., Kapustenko P.A. Osnovy teorii resursoberegajushhih integrirovannyh himiko-tehnologicheskijh sistem. – Harkiv, NTU «HPI», 2006. – 412 p.
10. Buhkalo S.I., Denisova A.E., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislovosti u prikladah i zadachah: innovacijni zahodi. (pidruchnik z grifom MON Ukraini, 2-ge vidannja, pereroblene), Kiiv: Centr uchbovoi literaturi, 2016. – 470 p.

Поступила (received) 23.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Напрямки розвитку Української асоціації хімічної і харчової інженерії / Л. Л. Товажнянський, П. О. Капустенко, В. Є. Ведь, С. І. Бухкало // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 3–8. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Направления развития Украинской ассоциации химической и пищевой инженерии / Л. Л. Товажнянский, П. А. Капустенко, В. Е. Ведь, С. И. Бухкало // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 3–8. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Directions of development of the Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering / L. L. Tovazhnyanskiy, P. O. Kapustenko, V. E. Ved, S. I. Buhkalo // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18(1240). – p. 3–8. Bibliog.: 10 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Товажнянський Леонід Леонідович – доктор технічних наук, член-кореспондент НАН України, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів НТУ «ХПІ», e-mail: radnik@kpi.kharkov.ua

Товажнянский Леонид Леонидович – доктор технических наук, член-кореспондент НАН України, профессор, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», e-mail: radnik@kpi.kharkov.ua

Tovazhnyansky Leonid Leonidovich – Doctor of Technical Sciences, professor, professor of chair «Integrated technologies, processes and apparatus» of NTU «KhPI», e-mail: radnik@kpi.kharkov.ua

Капустенко Петро Олексійович – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380504000553; e-mail: sodrut@gmail.com

Капустенко Петр Алексеевич – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380504000553; e-mail: sodrut@gmail.com

Kapustenko Petr Olekseevich – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380504000553; e-mail: sodrut@gmail.com

Ведь Валерій Євгенович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів НТУ «ХПІ», тел. +380978326949, e-mail: valeriy.e.ved@gmail.com

Ведь Валерий Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», тел. +380978326949, e-mail: valeriy.e.ved@gmail.com

Ved ValeriyEvgenyevich – Doctor of Technical Sciences, professor, professor of chair «Integrated technologies, processes and apparatus» of NTU «KhPI», тел. +380978326949, e-mail: valeriy.e.ved@gmail.com

Бухкало Світлана Іванівна – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Bukhhalo Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

УДК 378.65.011.56

С. І. БУХКАЛО, О. І. ОЛЬХОВСЬКА, С. П. ІГЛІН, В. М. СОЛОВЕЙ

**КОМПЛЕКСНІ МЕТОДИ НАВЧАННЯ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ
ФАХОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ВНЗ В НТУ «ХПІ»**

В статті наведені можливості вирішення деяких задач навчання студентів НТУ «ХПІ» у межах подальшого розвитку енергетичного тижня ЄС з метою підвищення ефективності використання ТПВ та відходів різних галузей промисловості на комплексному підприємстві (наприклад, цукрового виробництва), яке може забезпечувати усі свої енергетичні потреби самостійно. Дослідження спрямовані на вивчення таких питань як організація збирання і транспортування відходів, їх ідентифікація та методи контролю якості; вибір науково-обґрунтованих методів переробки та утилізації полімерів як частки ТПВ; розробка необхідних технологічних схем та обладнання для переробки відходів; вибір підприємств для утилізації полімерів і виду енергетичних ресурсів для реалізації цих проектних рішень.

Ключові слова: комплексні методи навчання, науково-обґрунтовані методи, ефективність комплексних підприємств, переробка та утилізація.

В статье приведены возможности решения некоторых задач обучения студентов НТУ «ХПИ» в рамках энергетической недели ЕС с целью повышения эффективности использования ТБО и отходов различных отраслей промышленности на комплексном предприятии (например, сахарного производства), которое может обеспечивать все свои энергетические потребности самостоятельно. Исследования направлены на изучение таких вопросов, как организация сбора и транспортировки отходов, их идентификация и методы контроля качества; выбор научно-обоснованных методов переработки и утилизации полимеров как части ТБО; разработка необходимых технологических схем и оборудования для переработки отходов; выбор предприятий для утилизации полимеров и вида энергетических ресурсов для реализации этих проектных решений.

Ключевые слова: комплексные методы обучения студентов, научно-обоснованные методы, эффективность комплексных предприятий, переработка и утилизация.

The materials by students of NTU «ХПИ» are presented the possibilities of solving problems of improving the use of wastes of different industries on a complex enterprise (for example, sugar production) that can provide all its energy needs alone. 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. The investigation are focused in researching such problems as organization of waste collection, transportation and identification of wastes according to adapted polymers classification; selection of scientific based methods of wastes to be utilized or recycled; the development of appropriated process flow sheets and choice of modifications additives and equipment for polymers waste recycling. The choice of appropriate plants with selected energy resources is very important for projects realization.

Keywords: integrated energy technologies, evidence-based methods, efficiency of integrated productions, recycling and utilization.

Вступ.

Кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів й менеджменту та оподаткування НТУ «ХПІ» у 2016–2017 навчальному році 19.11.2016 та 15.05.2017 року провели наступний етап комплексного інноваційного проектування за загальною темою «Аналіз можливостей менеджменту комплексних інноваційних проектів ресурсо- та енергозбереження» як черговий етап енергетичного тижня ЄС 2017. До вирішення та розробки основної теми залучались студенти НТУ «ХПІ» факультетів: технології органічних речовин (ТОР) групи О-44 а, б, в та О-45 а, б, в; бізнесу та фінансів (БФ) – групи БФ-15 а, б, які вивчали дисципліни «Загальна технологія харчових виробництв», «Методи прийняття управлінських рішень», «Стратегічне управління», організаційними змінами», «Операційний менеджмент» та ін., загальна кількість студентів – 36.

Основи концептуальних положень зв'язані з організацією професійної підготовки майбутніх фахівців в Україні, вони базуються на положеннях законів України «Про освіту», «Про вищу освіту», «Про професійно-технічну освіту», Державній національній програмі «Освіта» («Україна ХХІ століття»), Національній доктрині розвитку освіти, Болонській декларації (1999), документах Євросоюзу, щодо необхідності компетентностей, креативності, безперервності, диверсифікації й гнучкості, прогностичності, доступності, відкритості, з урахуванням сучасних інноваційних потреб суспільства.

Поняття метод навчання означає спосіб досягнення мети, певним чином упорядковану взаємопов'язану діяльність викладача і студентів, спрямовану на вирішення завдань освіти, виховання і розвитку в процесі навчання, а також стимулювання технічної творчості. Методи навчання є одним з найважливіших компонентів навчального процесу, без яких неможливо реалізувати цілі і завдання викладання загальних та основних дисциплін, досягнути засвоєння студентами певного теоретичного змісту навчального матеріалу. З них у даному випадку можна виділити три основні групи методів навчання:

- 1) методи організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності;
- 2) методи стимулювання і мотивації навчальної діяльності;
- 3) методи контролю і самоконтролю за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності.

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

Метою пропонованої розробки є формування у студентів системного мислення на основі засвоєння теоретичних знань, проведення системного аналізу науково-технічних проблем різного рівня, практичної реалізації результатів вивчення матеріалу з урахуванням можливості доповнення та вдосконалення прочитаного, при цьому ми розглядаємо компетентність, компетенції,

кваліфікація у якості основних напрямків сучасних досліджень. Як інструмент дії обирається методика складання розгорнутого плану – по суті логіко-структурну схему, яку зазвичай застосовують при вивченні гуманітарних дисциплін. При цьому, слід враховувати, що дія – це складний елемент, який часто сам складається з багатьох дрібніших, так як кожна дія обумовлена метою, а цілі не тільки різноманітні, але і різномасштабні: великі – діляться на більш дрібні приватні цілі, а ті, в свою чергу, можуть ділитися на ще більш дрібні приватні цілі і т.д. На першому етапі роботи зі студентами НТУ «ХПІ» і інших ВНЗ м. Харкова були обрані напрямки комплексних інноваційних проектів [5–7]. Індивідуальну схему досліджень студент обирає з урахуванням загальної схеми інноваційного дослідження (рис. 1), розробленої викладачами проекту. Напрямки проектів обрані в області енергоефективності, ресурсо- й енергозбереження для багатотоннажних галузей промисловості, наприклад, з метою вивчення можливості переробки великотоннажної полімерної незворотної тари й пакування харчової галузі або полімерних відходів різного походження як частини твердих побутових відходів, сприяють також охороні навколишнього середовища й розширюють можливості напрямків проектів екологічної безпеки.

Стандарти нового покоління для ВНЗ України вже сформульовані, прийняті нами як основні складові комплексних інноваційних проектів за

напрямками сучасних досліджень – компетентність, компетенція, кваліфікація (рис. 2). Впровадження компетентнісного підходу в навчальний процес у вигляді комплексних інноваційних проектів вимагає вирішення багатьох дослідницьких завдань для яких компетентнісний підхід передбачає зміну цілей та очікуваних результатів навчання у вигляді компетенцій, які відображають різні рівні професійних завдань. Компетенції у даному випадку роботи у НТУ «ХПІ» найчастіше мають додаткові признаки системи знань у дії: розуміння цілей та задач, ефективність та адаптивність дії, досягнення цілей та задач, успішність та реалізація, володіння цілями та задачами, якість та кількість дії, результативність та втілення. Поняття «компетенція», «компетентність» мають значення у нашій роботі зі студентами як: сукупність знань у дії; особистісна характеристика, властивості та якості особистості; критерій прояви готовності до діяльності; здатність усіх ланок проекту до вирішення задач і для отримання необхідних результатів роботи; інтегрована цілість знань, умінь та навичок, що забезпечують професійну діяльність, здатність людини реалізувати свою компетенцію у роботі над комплексним проектом, мотивовану здатність; активні знання та теорії навчання, навички та досвід (інтеграція в єдине ціле освоєних окремих дій, способів і прийомів вирішення завдань), а також мотиваційну та емоційно-вольну властивість особистостей.



Рис. 1 – Загальна схема досліджень



Рис. 2. Деякі складові комплексних інноваційних проектів

При цьому виявляються прагнення студентів та викладачів, здатність їх до реалізації отриманого потенціалу (знання, уміння, досвід, особистісні якості та ін.), усвідомлення ними соціальної значимості та особистої відповідальності за результати цієї діяльності і ін. За спрощеними функціональними схемами були обрані напрямки та критерії впливу на якість комплексних інноваційних проектів (рис. 2).

Викладання основного матеріалу досліджень. Поняття «компетентність» і «компетенція» необхідно було диференціювати при виконанні проекту: компетенцію розглядали як базову якість освітньої підготовки спеціаліста, а компетентність – як результат такої підготовки, як прояв компетенції. При цьому «компетентність» і «готовність до діяльності» в наших дослідженнях розрізняли: компетентність визначали поняттям з ширшим значенням; готовність до діяльності розглядали як аспект компетентності, що містить у собі певний комплекс компетенцій. Перспектива досліджень полягає у розробці проблеми формування готовності особистості до певного виду діяльності в контексті компетентнісного підходу.

Можна визначити компетентність як динамічну комбінацію знань, вмінь та практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних та громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти. Специфічними (професійні) компетентності є специфічними для даної предметної області; безпосередньо пов'язані зі спеціальними знаннями у предметній області; визначають профіль програми, тобто роблять її індивідуальною, істотно відмінною від інших програм. Загальні компетентності – знання, розуміння, навички та здатності, якими студент оволодіває у процесі виконання певної програми навчання, але які мають універсальний складний характер. Кваліфікація – офіційний результат оцінювання та визнання, який отримано, коли уповноважена установа встановила, що особа досягла компетентностей (результатів навчання) за заданими стандартами.

З метою науково-практичного обґрунтування студентами був проведений огляд літературних даних за вибором викладача: ознайомлення з каталогами бібліотеки НТУ «ХП» та науково-технічними періодичними виданнями. Формулювання навчального результату передбачає, що студент зможе продемонструвати володіння більш загальною компетенцією. У формулюванні навчального завдання мається на увазі, що студент повинен опанувати більш конкретну компетенцію. Таке формулювання дозволяє запропонувати декілька завдань, а для досягнення компетенції на рівні навчального результату студент повинен повністю виконати тільки одне з них. Це також дозволяє припустити, що в студента не виявиться здібностей або часу для опанування кожної компетенції в рамках навчального результату, але він однаково досягне загального навчального результату.

Компетентнісний підхід до навчання студентів, перш за все, зв'язаний з потребою суспільства у кваліфікованих фахівцях здатних ефективно взаємодіяти у професійній діяльності. Професійну діяльність для студентів груп О-44 а, б, в зв'язували з виявленням основних недоліків кристалізації цукру (комплексного інноваційного об'єкту технології харчових виробництв), як частини технології його виробництва, що пов'язані у даному випадку з недосконалістю обладнання. Перш за все, студенти знайомилися з сучасним обладнанням, призначеним для проведення процесів масо- та теплообміну у системі. Далі студенти визначають, що на сучасному етапі розвитку дослідження в напрямку ресурсо- та енергозбереження досить актуальні процеси підвищення ефективності процесів кристалізації цукру: згущення дифузійного соку – утворення кристалів – ріст кристалів. Проведено аналіз можливостей сучасних процесів і апаратів технології. Для більш повного добування цукру сахарозу кристалізують багаторазово. У цукровому виробництві використовують вакуумні кристалізатори періодичної і безперервної дії з автоматичним управлінням, які у своєму складі мають концентратор, кристалогенератор і камери росту кристалів. Така конструкція апарату повинна забезпечувати інтенсивну циркуляцію, що

попереджає висадження кристалів у апараті, покращує теплопередачу і забезпечує утворення рівномірних за величиною кристалів. Кристалізація цукру є також однією з енерговитратних стадій виробництва білого цукру, витрати енергії складають приблизно 14–20% від загального споживання енергії. Енергоспоживання процесу переробки цукрового буряка при використанні охолоджуючої кристалізації зменшується. Використання охолоджуючої кристалізації в поєднанні з мікрофільтрацією сирого соку цукрових буряків також знижує енергоспоживання і покращує якість готового продукту. Серед інших методів, які дозволяють зменшити споживання теплової енергії студенти виділяють віджимання.

Друга група студентів використовувала інші фахові компетентності з ресурсо- та енергозбереження – розглядала теплову систему цукрового заводу як складний комплекс, що складається з багатокорпусної випарної установки, а також системи теплообмінників, в яких для підігрівання використовується вторинна пара з корпусів випарної установки. Найбільш енергоємною стадією при виробництві цукру є концентрування цукрового соку. Тому велика увага приділяється оптимізації роботи випарної установки – досліджують сукупність факторів: температуру, тиск, концентрацію в корпусах випарної установки і їх вплив роботу випарної станції. Стадії технологічного процесу при виробництві цукру є найбільш енергоємними: очищення соку; уварювання; кристалізація; нетрадиційні процеси; дегідратація шлам. Студенти визначили основні функції системи при цьому: завдання розміру основних фракцій цукру (дозволяє налаштувати варіння на певний розмір кристала в залежності від кон'юнктури ринку цукру); завдання часу варіння вакуум-апаратів; режим автостарту вакуум-апаратів (дозволяє згладити пікові навантаження споживання пара); автоматичне керування установкою для кристалізації шляхом підтримання в ній балансу температур між утфелем і охолоджуючою водою, забезпечуючи тим самим кращий ефект кристалізації і, як наслідок, збільшення виходу цукру; повний контроль і управління периферійними параметрами роботи продуктового цеху: регулювання концентрації приготованих клеровок; підтримання необхідної температури відтоків і патока; управління центрифугами безперервного і періодичної дії; управління та сигналізація роботи насосів; реєстрація технологічних параметрів і накопичення інформації за заданий період; можливість дистанційного керування регулюючими органами, що входять в систему, з панелі оператора або клавіатури комп'ютера про хід технологічного процесу, стан механізмів, режимах роботи, аварійних ситуаціях. Системи автоматизації останнім часом набули широкого поширення в цукровій промисловості.

Одним з найбільш ефективних методів зниження споживання енергії при випаровуванні є теплова інтеграція випарної установки – відмічає третя група студентів. При цьому основний акцент, наприклад, робиться на виконання оптимального розподілу екстрапара між корпусами випарної установки. Інтеграція випарної станції розглядається як приклад рішення задачі теплової інтеграції випарної установки для традиційної схеми цукрового виробництва [1–3].

Інша частина груп студентів розглядала актуальні питання енерго- і ресурсозбереження переробки тари та пакування після її експлуатації – невід'ємної складової харчової промисловості. Класифіковані види й методи переробки великотоннажних відходів, наприклад поліолефінів. Встановлена необхідність дослідження основних структурно-хімічних змін поліолефінів при окисненні. Розроблені методи вивчення фізико-хімічних властивостей у процесі експлуатації виробів з поліетилену та виявлені закономірності зміни експлуатаційних його характеристик. Так, наприклад, запропоновані й досліджені, методи модифікації фізико-механічних і механічних властивостей вторинного поліетилену отриманого з поліетиленових відходів різного строку експлуатації. Можливості вирішення деяких задач ефективного менеджменту проектів розглядали для всіх груп студентів. Це зв'язано з умовами підвищення економічної ефективності використання твердих побутових відходів (ТПВ) та відходів різних галузей промисловості на комплексному підприємстві, яке може забезпечувати усі свої енергетичні потреби самостійно. При цьому слід відзначити: традиційний менеджмент орієнтований на хід подій, в той час як проектний менеджмент прагне до досягнення певної, заданої мети. Проектний менеджмент часто строго обмежений як в фінансах, так і в часі, також ретельно плануються використовувані ресурси. Проектний менеджмент в більшій мірі орієнтується на визначення, а потім і досягнення цілей. Важливою є відмінність – у традиційному менеджменті прийнята спільна робоча норма, а в проектному – приймання після закінчення. Традиційний менеджмент характеризує відносна надійність, а проектний менеджмент – передбачувана надійність. У традиційному менеджменті є небезпека монотонності, а в проектному – навпаки, присутня різноманітність, пріоритет відданий ненормованості. Менеджмент буде неефективним без гарної системи управління проектами.

Наші дослідження спрямовані на вивчення таких економічних, екологічних, соціальних, технічних питань як організація збирання і транспортування відходів, їх ідентифікація та методи контролю якості; вибір науково-обґрунтованих методів переробки та утилізації полімерів як частки ТПВ; розробка необхідних технологічних схем та

обладнання для переробки відходів; вибір підприємств для утилізації полімерів і виду енергетичних ресурсів для реалізації цих проектних рішень. Представлення економіки у формі взаємодії чотирьох видів систем є тим новим поглядом, який потрібен для системного та ефективного вирішення виникаючих завдань менеджменту. Кожен з чотирьох видів систем має свою місію в економіці, яку неможливо без нього виконати, а саме:

- 1) об'єктні системи [1–4];
- 2) проектні системи створюють новачі, сприяють інноваційній трансформації, вносять елемент динаміки, енергетично підживлюють інші класи систем [2];
- 3) середовищні системи забезпечують комунікацію і координацію, створюють умови для обміну між різними компонентами [1–4];
- 4) процесні системи гармонізують діяльність, урівноважують економічні системи, направляють потоки між об'єктами [2, 4]. За вказаних умов виникає необхідність у формуванні нової

управлінської парадигми – гармонійного ефективного менеджменту.

Світова система економіки та інновацій перебуває в стані безперервної кризи, яка викликана внутрішньою й зовнішніми стосовно неї факторами.

Для України це перехід до ринкової економіки, високий рівень безробіття серед випускників вузів, особливо в умовах економічної кризи, різко загострили проблеми й можливості молодих людей знайти свою нішу на ринку роботи, підкреслили невідповідність випускників до реальної організаторської й технічної діяльності.

Проблему навчання студента практичним навчанням діяльності у вищому навчальному закладі, навіть за допомогою найбільш сучасних методичних прийомів, розв'язати дуже складно. Створення умов у навчанні студентів для придбання ними необхідних компетенцій, протягом життя буде сприяти конкурентоспроможності випускників вищих навчальних закладів на ринку праці, ключові компетенції можуть сприяти їхній участі в розвитку демократичних принципів суспільства (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняльні показники оцінювання ефективності системи підготовки викладачів та студентів

Кри- терії	Показники	Середній бал		Дина- міка
		2016	2017	
1	Направленість професійної підготовки на формування у учасників стійких мотивів вибору діяльності	59	61	+2
	Орієнтованість професійної підготовки на формування інноваційного напрямку	53	57	+4
	Спрямованість професійної підготовки на формування розуміння специфіки функціонування професійної діяльності в умовах розвиненої інфраструктури підприємства та провідних компетенцій сучасного спеціаліста галузі	46	49	+3
2	Адекватність змісту підготовки до інноваційних завдань, що виконуються в процесі підготовки проекту	52	53	+1
	Організація професійно-особистісного розвитку через залучення в різні види професійно-інноваційної діяльності	62	63	+1
	Функціонування підсистеми підготовки, як експериментального майданчика з апробації сучасних технологій, засобів навчання та виховання	60	62	+2
3	Сформованість професійно-значущих якостей, що дозволяють успішно здійснювати інноваційну діяльність	68	70	+2
	Готовність до постійного освоєння та реалізації інноваційних технологій навчання і виховання	68	69	+1
	Сформованість професійної компетентності, мобільності, здатності до безперервного професійно-особистісного розвитку, що дозволяє здійснювати широкий спектр інноваційних послуг	75	78	+3

1 – мотиваційний, 2 – змістовний, 3 – результативний.

Порівняльні показники оцінювання (100 балів) ефективності системи підготовки викладачів та студентів мають позитивну динаміку, але динаміка зростання майже за всіма показниками має тенденцію до зменшення у порівняльній характеристиці з 2016–2017 рр.. Проведення енергетичного тижня в НТУ «ХП» призначене для поширення передової практики навчання, натхнення на нові ідеї – доповнено загальною схемою досліджень (рис. 1) з метою створення організацій різного рівня

при розробці комплексних інноваційних проектів (рис. 3) з урахуванням соціальних та прожиткових змін у суспільстві України.

Для досягнення цих цілей, а також запобігання забруднення навколишнього середовища мільйонами тон полімерних відходів необхідно розширене дослідження одного з основних питань цієї проблеми – вибір методів спрямованої модифікації для поліпшення якості вторинної полімерної сировини за допомогою методів математичного моделювання.

Залучення до вирішення екологічних проблем України суспільних студентських організацій у процесі навчання у ВНЗ дозволить їм підготувати надалі громадськість України до організованого збору та попередньої ідентифікації різних видів відходів – складових ТПВ.

Наша робота також спрямована на вибір науково-обґрунтованих методів комплексної переробки й кінцевої утилізації полімерних відходів різного походження й строку експлуатації разом з іншими видами відходів. Це дозволить знизити, насамперед, загальна кількість відходів, що підлягають похованню на смітниках або забруднюючих навколишнє середовище шкідливими викидами. Такий підхід дозволить використовувати ресурсний потенціал цих видів відходів, а також створить передумови для дотримання нормативно-правових, санітарно-екологічних, економічних і організаційних аспектів проблеми керування відхо-

дами в цілому. В роботі студентів та викладачів розглянуті питання дослідженні хіміко-технологічних задач, коли є апріорні відомості про поведінку досліджуваної величини, які диктують конкретний вид теоретичної залежності. Розглядаючи конкретну задачу, слід зазначити, що в кожній з них і аргумент x , і функція y позитивні.

Шляхи й методи охорони навколишнього середовища одержали широке поширення в країнах ЄС. Це пов'язане з розробкою ефективного екологічного керування й законодавства. Такий досвід необхідний Україні на стадії навчання студентів у вищих навчальних закладах (ВНЗ). Випускники ВНЗ, як бакалаври так і магістри, потрапляючи на підприємства у якості фахівців будуть ознайомлені з сучасним законодавством у цих необхідних для кожної галузі промисловості та побуту, розроблених національними програмами України та країн ЄС.

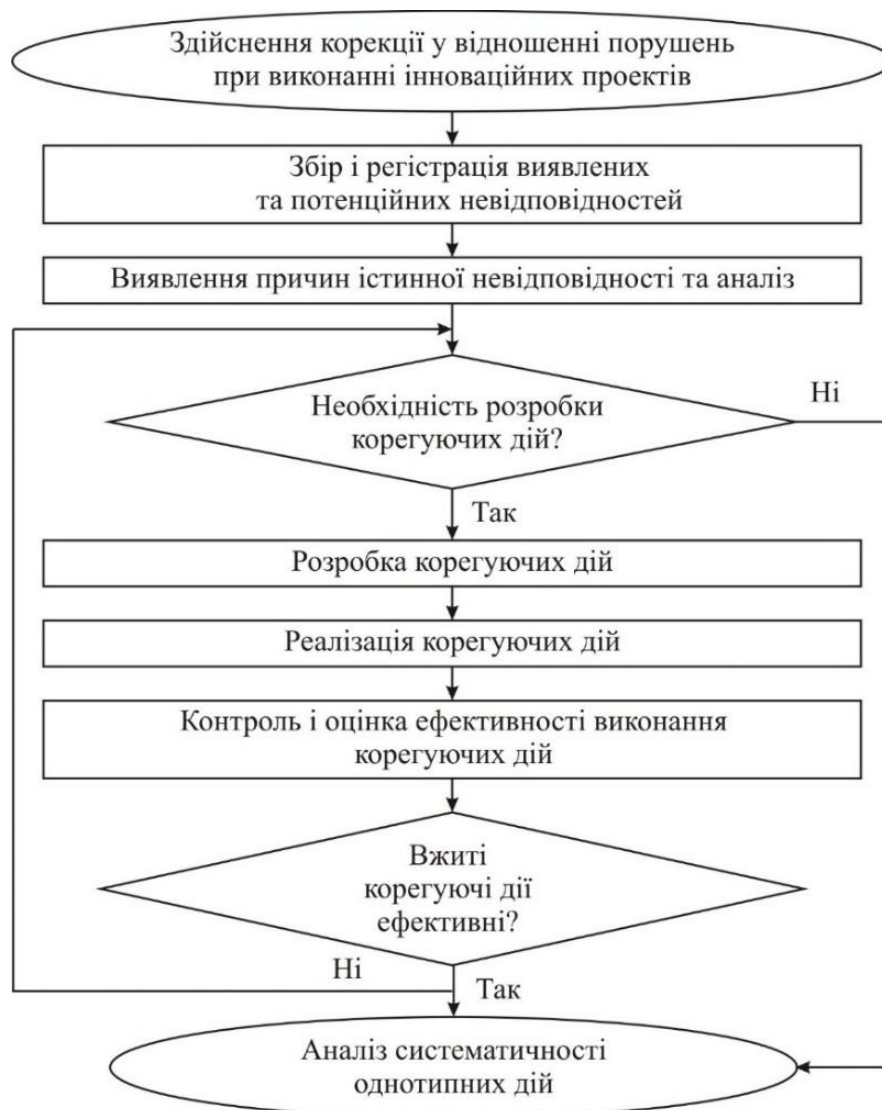


Рис. 3. Контроль порушень при розробці комплексних інноваційних проектів

Таким чином, навчання студентів необхідно зв'язувати з реформою процесів охорони навколишнього середовища на різних рівнях, для визначення й досягнення цілей у короткостроковій і довгостроковій перспективі [1–12]. З метою інтенсифікації вирішення інноваційних проблем ресурсо- та енергозбереження студенти використовують методи математичного моделювання обробки експериментальних даних (рис. 4) сумісно з загальним алгоритмом процесів ідентифікації-класифікації та утилізації-модифікації ТПВ (рис. 5).

Під способом або шляхом прийняття рішень розуміється специфічний комплексний технологічний процес, а також процес формування рішень у свідо-

мості студентів для нового проекту в порівнянні з моментом прийняття рішення і реально досяжного через конкретні дії стану. Практична управлінська діяльність у межах розробки комплексних проектів складається з рішень і дій, зв'язаних з удосконаленням методів та технологій прийняття управлінських рішень. В основі використовуваних технологій поряд з технічними інноваційними технологіями можуть бути власний досвід, пов'язаний зі знанням навколишнього світу і закономірностей, що лежать в основі його функціонування, а також його власні емоції, відчуття, його професійно-освітній рівень, ступінь знайомства з накопиченим іншим досвідом.

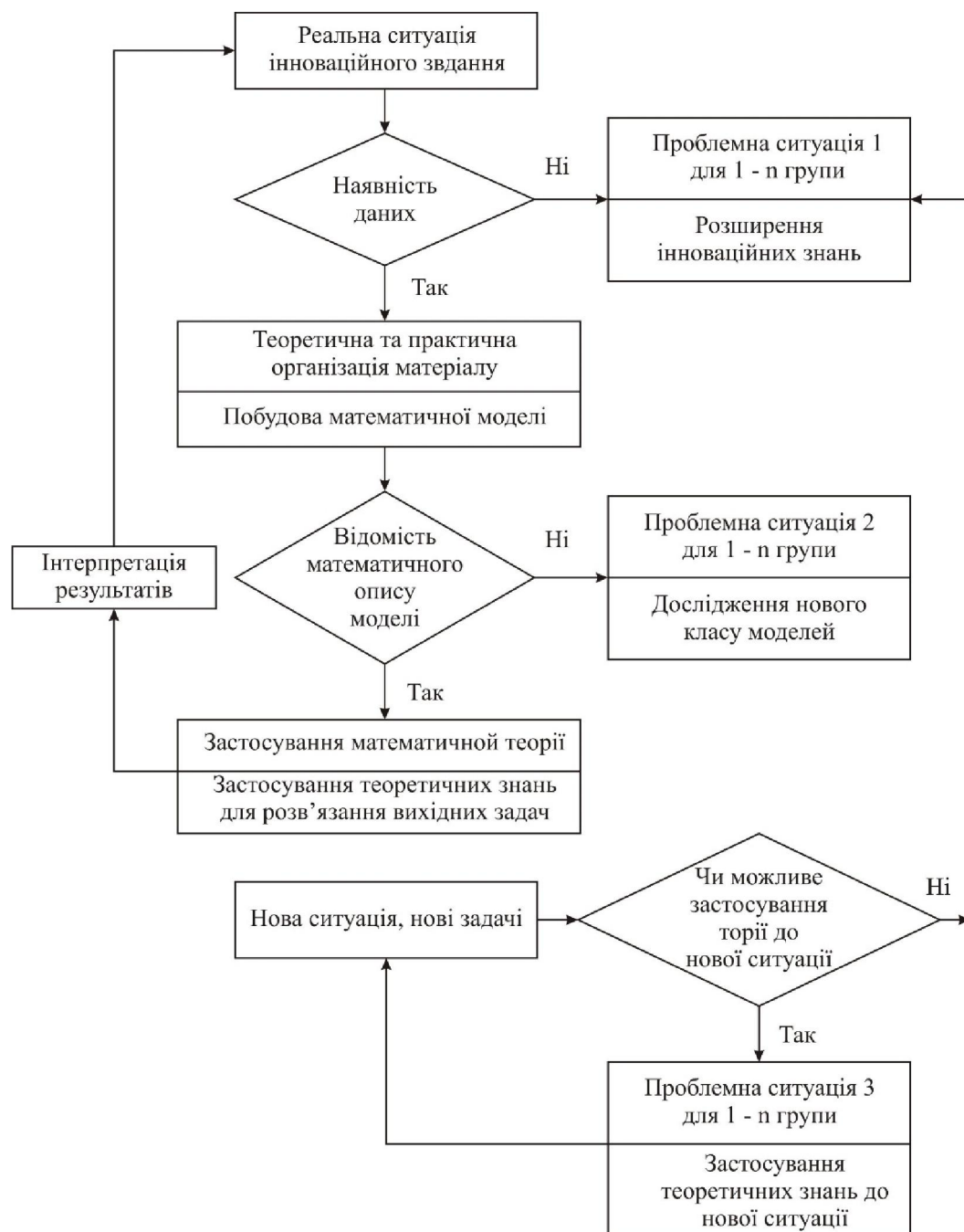


Рис. 4. Алгоритм обробки комплексного інноваційного експерименту

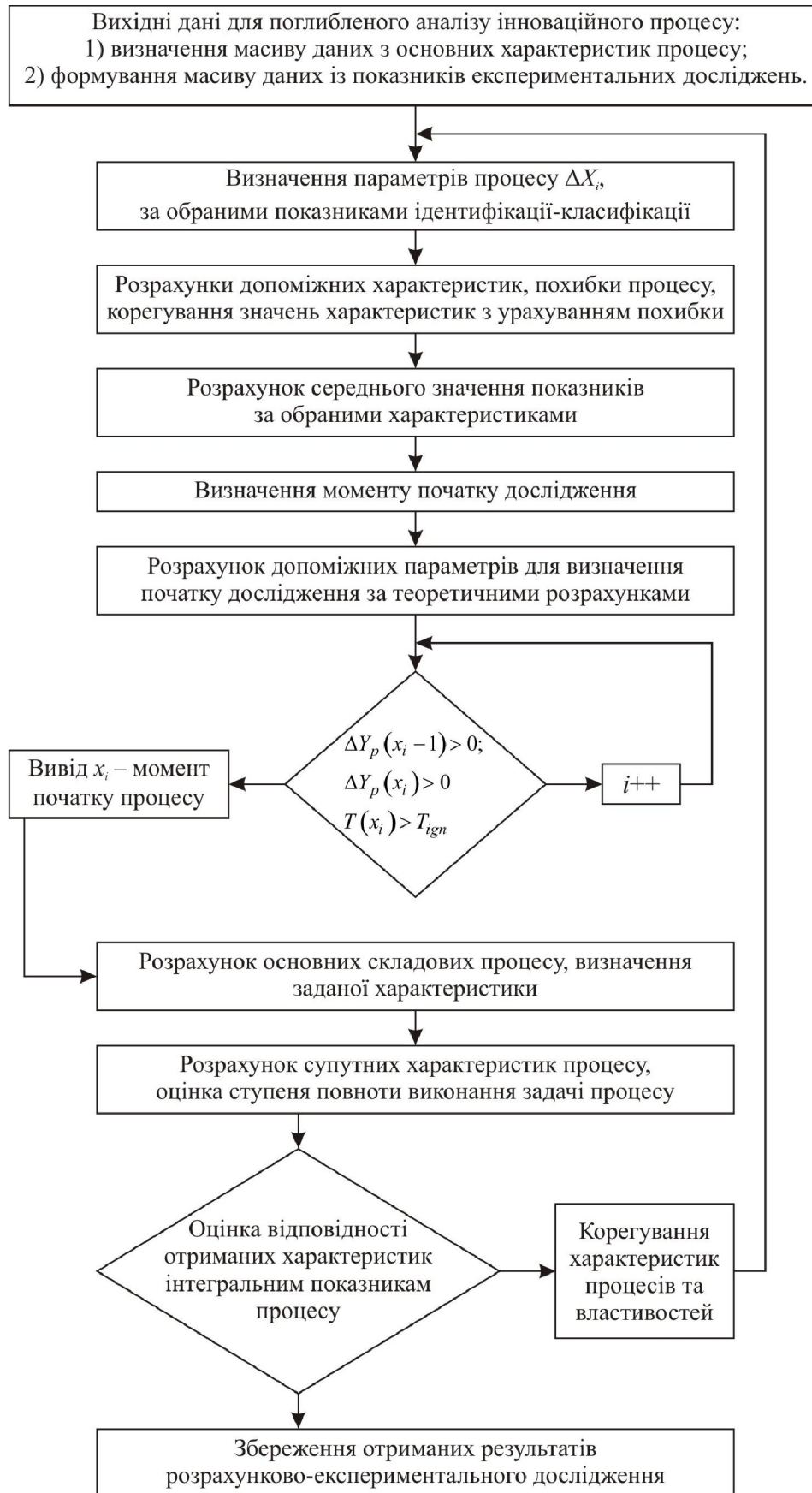


Рис. 5. Загальний алгоритм процесів ідентифікації-класифікації або утилізації-модифікації ТПВ

Таким чином, можна зробити висновок, що менеджери комплексних інноваційних проектів поряд зі спеціалістами інших професій повинні використовувати різні способи і методи при прийнятті управлінських рішень, які дозволяють досягти поставленої мети.

Необхідним є подальше вивчення інноваційного науково-обґрунтованого досвіду з утилізації ТПВ для ЄС з метою остаточного вибору методів навчання. Таким чином теми проектів будуть продовжені та розвинені: «Дослідження техніко-екологічних можливостей енергетичного міксу», «Загальні методи прийняття управлінських рішень для комплексних інноваційних підприємств» та «Економіко-правові характеристики комплексного процесу енергетичного міксу з урахуванням альтернативних джерел енергії». Такі проекти мають статус актуальних проблем сучасності, зв'язаних, перш за все, з високими цінами на енергоносії та потребують участі студентів на усіх стадіях виконання. Студенти НТУ «ХП» (ф-т БФ) приймають активну участь у розробці теми «Менеджмент та маркетинг як шлях до збереження альтернативних джерел України».

При проведенні проектування студенти отримали глибокі знання з курсів та навички до проведення самостійної наукової роботи. Керівник комплексного проектування з проблем енергетичного міксу проф. Бухкало С.І. У підготовці та реалізації проекту

приймають участь професор Іглін С.П., доцент Соловей В.М. та ст. викладач Ольховська О.І., с.н.с. ІПМАШу НАНУ, к.т.н. Зіпунніков М.М. та ін.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Таким чином, у результаті продовження роботи [10–12] за вищевказаними напрямками, досягнуті наступні результати:

1) основна мета представленої розробки – доповнення нових навчальних технологій з організації, виконання та впровадження комплексного міжвузівського інноваційного проектування для забезпечення активізації технічної творчості студентів;

2) за результатами комплексного інноваційного проектування з метою розповсюдження інформації про інноваційні методи навчання – у 2016–2017 навчальному році видано три статті сумісно зі студентами, що приймають участь у захисті проекту.

3) учасниками проекту прийнято рішення про продовження цього етапу розробки ще на два семестри з метою розвинення актуальної теми за стандартами ЄС.

Список літератури

1. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І. Діяльність вищого навчального закладу по підвищенню якості підготовки фахівців. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 3–12.
2. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К. : Центр учбової літератури: 2014, 456 с.
3. Бухкало С.И., Сериков А.В., Ольховская О.И. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А. В. Сериков, О.И. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160–166.
4. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І. Можливості впровадження системи компетенцій у сучасних навчальних закладах // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 3–12.
5. Бухкало С.І. Технології ресурсо- та енергозбереження для полімерної тари та пакування / Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентноздатності. Матеріали V міжн. спеціалізованої науково-практичної конференції. 14 вересня 2016 р., – Київ. – К. НУХТ, 2016. – с. 21–23.
6. Бухкало С.И., Гардер С.Е., Ольховская О.И. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 72–80.
7. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.И., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение. Уч. пособие. – Х.: НТУ «ХП». 2005. – 460 с.
8. Бухкало С.І. Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ТПВ // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2016. – № 19 (1191). – с. 23–32.
9. Бухкало С.И. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2014. – № 16. – с. 3–11.
10. Бухкало С.И. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов. Интегрированные технологии та энергосбережения. Х.: НТУ «ХП», 2001, № 2, с. 106–112.
11. Бухкало С.И. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки. Интегрированные технологии та энергосбережения. Х.: НТУ «ХП», 2005, № 2, с. 29–33.
12. Бухкало С.И. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів // Интегрированные технологии та энергосбережения. – Х.: НТУ «ХП». 2014. – № 4. – с. 29–33.

13. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017. // За ред. проф. Сокола Є.І. Ч.III, – Х.: НТУ «ХПІ», с. 14.
14. Бухкало С.І. Комплексна екологічно-інформаційна безпека проєктів підприємства / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017. // За ред. проф. Сокола Є.І. Ч.III, – Х.: НТУ «ХПІ», с. 15.
7. Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Kapustenko P.A., Khavin G.L. Osnovnye tehnologii pishhevyykh proizvodstv i jenergosberezenie. Uch. posobie. – Khr. NTU «Khpi». 2005. – 460 p.
8. Buhkalo S.I. Modeli energetichnogo miksu dlja utilizacii polimernoї chastki TPV // Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2016. – № 19 (1191). – p. 23–32.
9. Buhkalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishhih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2014. – No. 16. – P. 3–11.
10. Buhkalo S.I. Resursosberegajushhie tehnologii ispol'zovanija polimernyykh othodov. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. – Khr. NTU «Khpi», 2001, № 2, P. 106–112.
11. Buhkalo S.I. K voprosu jenergosberezenija processa aglomerirovanija polimernoj upakovki. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. H.: NTU «HPI», 2005, № 2, P. 29–33.
12. Buhkalo S.I. Dejaki vlastivosti polimernih vidhodiv u jakosti sirovini dlja energo- i resursozberigajuchih procesiv // Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. – H.: NTU «HPI». 2014. – № 4. – p. 29–33.
13. Buhkalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva / Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHV mizhn. n/prakt. konf. MicroCAD-2017, 17-19 travnja 2017 // Za red. prof. Sokola Є.І. Ch.III, – H.: NTU «HPI», p. 14.
14. Buhkalo S.I. Kompleksna ekologichno-informacijna bezpeka proektiv pidpriemstva / Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHV mizhn. n/prakt. konf. MicroCAD-2017, 17-19 travnja 2017 // Za red. prof. Sokola Є.І. Ch.III, – H.: NTU «HPI», p. 15.

Bibliography (transliterated)

1. Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I. Dijal'nist' vishhogo navchal'nogo zakladu po pidvishhennju jakosti pidgotovki fahivciv Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2012. – No. 10. – P. 3–12.
2. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. Kiiv, Centr uchbovoi literaturi: 2014, 456 p.
3. Buhkalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyykh othodov kak komplekse innovacionnykh proektov. Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2012. – No. 10. – P. 160–166.
4. Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I. Mozhlivosti uprovezhennja sistemi kompetencij u suchasniy navchal'nykh zakladah // Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2011. – No. 21. – P. 3–12.
5. Buhkalo S.I. Tehnologii resurso- ta energozberezhennja dlja polimernoї tari ta pakuvannja / Resurso- ta energooshadni tehnologii virobnictva i pakuvannja harchovoi produkcii – osnovni zasadi ii konkurentnozdatnosti. Materiali V mizhn. specializovanoї naukovopraktichnoї konferencii. 14 veresnja 2016 r., – Kiiv. – K. NUHT, 2016. – p. 21–23.
6. Buhkalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezenija na kompleksnykh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2012. – No. 10. – P. 72–80.

Поступила (received) 23.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Комплексні методи навчання як основа розвитку фахових компетентностей ВНЗ в НТУ «ХПІ» / С. І. Бухкало, О. І. Ольховська, С. П. Іглін, В. М. Соловей // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 9–19. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Комплексные методы обучения как основа развития специализированных компетентностей ВУЗов в НТУ «ХПІ» / С. И. Бухкало, О. И. Ольховская, С. П. Иглин, В. Н. Соловей // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 9–19. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Comprehensive teaching methods as the basis for the development of specialized competencies in NTU «KhPI» / S. I. Bukhkalov, O. I. Olkhovska, S. P. Iglin, V. M. Solovey D. V. // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18(1240). – p. 9–19. Bibliog.:14 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Світлана Іванівна – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Bukhkalov Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613.

Ольховська Оксана Ігорівна – ст. викладач, кафедра менеджменту і опадаткування, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Olkhovska Oksana Igorivna – senior lecturer, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Ольховская Оксана Игоревна – ст. преподаватель, кафедра менеджмента и налогообложения, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Іглін Сергій Петрович – кандидат технічних наук, професор кафедри прикладної математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Iglin Sergii Petrovich – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Applied Mathematics National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Иглин Сергей Петрович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладной математики, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Соловей Валентин Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Solovey Valentin Mukolaevich – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Соловей Валентин Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613.

УДК 622.24.084.34

О. В. КУСТУРОВА, О. А. ЖУГАН, А. В. ПЕЧЕНІЖСЬКА, О. А. ПОДОЛЬЯН, Д. В. МОЦАРЬ**ДОСЛІДЖЕННЯ ХРОМВМІСНИХ РЕАГЕНТІВ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИНАХ**

Розглянуто процеси інгібування диспергування глин, які впливають на продуктивність свердловин, в яких відбуваються фізико-хімічні процеси при технологічних операціях (буріння, закінчення, інтенсифікація, консервація та глушіння свердловин). Всесвітня практика встановила високі вимоги до технологічних рідин для зменшення негативного впливу на продуктивні властивості пластів. Спорудження та експлуатація свердловин в Україні відбувається не тільки в складних гірничо-геологічних умовах, але і в часи складної економічної кризи. Дані умови сприяють розвитку науково-дослідних робіт для мінімізації витрат на приготування технологічних рідин на основі вітчизняної сировини. Технологічні рідини на основі синергетичних сумішей для буріння та глушіння свердловин не повинні забруднювати продуктивні горизонти. Основа рідин буріння та глушіння є важливою для створення рецептур розчинів у складних гірничо-геологічних умовах. Особливу увагу слід приділяти густині розчинів для глушіння, щоб не допустити гідророзрив пласта.

Ключові слова: пласт, корозія, синергізм, фільтрація, хром, глушіння.

Рассмотрены процессы ингибирования дисперсии глин, влияющие на продуктивность скважин, в которых проходят физико-химические процессы при технологических операциях (бурение, окончание, интенсификация, консервация и глушение скважин). Мировая практика предъявляет высокие требования к технологическим жидкостям для уменьшения негативного влияния на продуктивные свойства пластов. Сооружение и эксплуатация скважин в Украине происходят не только в сложных горно-геологических условиях, но и во время тяжелой экономической ситуации. Данная ситуация способствует развитию научно-исследовательских работ для минимизации затрат на приготовление технологических жидкостей на основе отечественных реагентов. Технологические жидкости на основе синергетических смесей для бурения и глушения скважин не должны загрязнять продуктивные горизонты. Основа растворов бурения и глушения является важной для создания рецептур для глушения скважин в сложных горно-геологических условиях. Особое внимание нужно уделить плотности растворов для бурения и глушения, чтобы не допустить гидроразрывов пласта.

Ключевые слова: пласт, коррозия, синергизм, фильтрация, хром, глушение.

Considered dispersion clay processes affecting the productivity of the wells. In the wells are going physical and chemical processes during technological operations (drilling, completion, stimulation, preservation and killing of wells). World practice makes high demands on technological liquids to reduce the negative impact on the productive layers. The construction and operation of wells in the Ukraine is not only in the difficult geological conditions, but also during the difficult economic situation. This situation contributes to the development of scientific research to minimize the costs for preparation of technological fluids on the basis of domestic agents. Process fluid based on synergistic mixes for conducting a well killing should not contaminate reservoirs. Fluids base for kill well are impotent for design it in difficult geological environment. During all well kills and drilling fluids, careful attention must be paid to not exceeding the formation strength at the weakest point of the wellbore, the "fracture pressure", otherwise fluid will be lost from the wellbore to the formation. We must pay attention carefully of weight fluids for drilling and kill well that it doesn't run into productive layer. Technological fluid systems are designed and formulated to perform efficiently under expected wellbore conditions. There are many different types of technological fluids, based on different composition and use.

Keywords: reservoir, corrosion, synergy, filtration, chrome, kill well.

Вступ.

В сучасних умовах будівництва свердловин в Україні завершальний етап буріння свердловин є найвідповідальнішим, з точки зору повернення вкладених інвестицій. Метою будівництва свердловини є безаварійне та швидке розкриття продуктивних пластів із збереженням їх природних фільтраційно-ємних властивостей, та як наслідок освоєння і отримання максимального дебіту свердловини. Світовий досвід свідчить про те, що саме на завершальних стадіях спорудження свердловин виникають ускладнення в зв'язку з високими температурами та тисками, що впливають на терміни спорудження свердловин та на їх продуктивність. Таким чином, проблема якісного проходження продуктивних горизонтів та подальше їх освоєння, інтенсифікація та капремонт свердловин, вимагають особливої уваги [1].

Під час будівництва і експлуатації свердловин важливе значення відіграють технологічні рідини, які використовуються на різних стадіях виробництва (розчин для буріння, розчини для первинного розкриття і перфорації), кріплення (буферні рідини), консервації, проведенні капітального і підземного ремонту (рідини глушіння) та при інтенсифікації притоку.

Аналіз літератури. Аналіз технології буріння та ремонтних робіт вітчизняної і закордонної

нафтогазової галузі демонструє стійку тенденцію щодо використання при бурінні та капітальному ремонті свердловин з використанням гідрофобних рідин (нафта), полісахаридних полімерів (крохмаль, поліаніонна целюлоза, карбоксиметилцелюлоза, гідроксиметилцелюлоза, гуарова смола) та багатофункціональних хімічних реагентів і неорганічних солей, що також значно підвищують ефективність ремонтних операцій. Відомо, що неорганічні солі володіють здатністю до інгібування утворення глинистих дисперсій, та можуть використовуватись для закачування в привибійну зону пласта з метою стабілізації набухання глинистої складової продуктивних пластів. Слід зазначити, що використання рідин глушіння на основі неорганічних солей пов'язане з значною їх корозійною агресивністю по відношенню до обладнання свердловини. Даний аспект зумовлений, в першу чергу, іонним складом зазначених рідин та термобаричними умовами їх застосування. Тому дана стаття сфокусована на пошук інгібітора який зменшує корозійну активність, володіє бактерицидними та термопротекторними властивостями, як наприклад реагенти на основі хрому, такі як хром лігніти.

Проблема роботи вирішується за рахунок дослідження реологічної активності та фільтраційних характеристик технологічних рідин для забезпечення успішного проведення технологічних операцій, від

яких залежить якість будівництва, продуктивність і термін експлуатації свердловини.

Найбільш суворі вимоги пред'являють до технологічних рідин, які контактують з колектором і впливають на продуктивність свердловини. Так як продуктивність свердловини в значній мірі залежить від фізико-хімічних процесів які відбуваються при технологічних операціях (бурінні, завершенні, інтенсифікації, консервації та глушінні свердловини) та колекторських властивостей пласта.

Методика проведення експерименту.

В даній публікації автори навели лабораторні дослідження реологічного та фільтраційного впливу хром лігніту на 10 % бентонітову суспензію. Для встановлення реологічних характеристик суспензій використовували віскозиметр OFITE 800, а фільтраційні характеристики визначали за допомогою фільтр-пресу OFITE Ø89 мм при тиску 100 psi впродовж 7,5/30 хв, що базується на

вимірюванні об'єму фільтрату, який утворився при фільтруванні бентонітової суспензії крізь фільтрувальний папір whatman.

Результати експерименту і їх обговорення. Реологічні показники виражені пластичною в'язкістю (ПВ), динамічним та статичним напруженнями зсуву (ДНЗ та СНЗ) для бентонітових суспензій наведено в таблицях 1 та 2.

З таблиць 1 та 2 слідує висновок про найбільшу реологічну активність чистих бентонітових суспензій, що пояснюється утворенням вільної поверхні з активними центрами бентонітової глини, а при додаванні хром лігніту, наприклад ДНЗ зменшується на 89,2-90,4 % при 20 °С та на 94,3-97,5 % при підігріванні бентонітових суспензій до 150 °С. Пояснити це можна тим, що хром вмістні реагенти нейтралізують активні центри та зменшують вільну поверхню бентонітової глини [1–7].

Таблиця 1. Реологічні параметри після перемішування розчинів впродовж 4 годин при 20 °С

Швидкість, об/хв	1) Бентоніт 10 %, кут відхилення, град	2) Бентоніт 10 % + 2 % хром лігніт №1, кут відхилення, град	3) Бентоніт 10 % + 2 % хром лігніт №2, кут відхилення, град
3	29	3	3,5
6	37	4	4
30	61	7	7
60	70	9	8
100	78	12	11
200	91	19	16
300	102	24	21
600	111	38	33
Пластична в'язкість, мПа*с	9	14	12
Динамічне напруження зсуву, дПа	446	48	43
Статичне напруження зсуву, дПа	139/149	14/43	17/38

Таблиця 2. Реологічні параметри після перемішування розчинів впродовж 4 годин при 150 °С

Швидкість, об/хв	1) Бентоніт 10 %, кут відхилення, град	2) Бентоніт 10 % + 2 % хром лігніт №1, кут відхилення, град	3) Бентоніт 10 % + 2 % хром лігніт №2, кут відхилення, град
3	87	1	4
6	110	2	5
30	125	5	7
60	137	7	9
100	144	10	12
200	161	16	17
300	171	21	21
600	184	38	33
Пластична в'язкість, мПа*с	13	17	12
Динамічне напруження зсуву, дПа	758	19	43
Статичне напруження зсуву, дПа	417/490	4/19	19/34

З таблиць 3 та 4 слідує висновок про найбільшу фільтрацію чистих бентонітових суспензій, що

свідчить про нестабільність даних систем, а при додаванні хром лігніту, наприклад фільтрація за 30

хв зменшується на 21,1-31,6 % при 20 °С та на 22,2-44,4 % при підігріванні бентонітових суспензій до

150 °С. Пояснити це можна тим, що хром вмістні реагенти стабілізують бентонітові суспензії [1, 3].

Таблиця 3. Фільтраційні параметри після перемішування розчинів впродовж 4 годин при 20 °С

Фільтрація, мл	1) Бентоніт 10 %	2) Бентоніт 10 % + 2 % хром лігніт №1	3) Бентоніт 10 % + 2 % хром лігніт №2
7,5 хв	4,5	3,5	3
30 хв	9,5	7,5	6,5

Таблиця 4. Фільтраційні параметри після перемішування розчинів впродовж 4 годин при 150 °С

Фільтрація, мл	1) Бентоніт 10 %	2) Бентоніт 10 % + 2 % хром лігніт №1	3) Бентоніт 10 % + 2 % хром лігніт №2
7,5 хв	6,5	5	3,5
30 хв	13,5	10,5	7,5

Хромглиносультфонатні розчини це бурові глинисті розчини, стабілізовані хром сульфатними (феро-хром-лигносульфонатними) реагентами: оксил, ФХЛС, КССБ-4 або разом з вказаними полімерами (КМЦ, гіпан). Їх застосовують для розбурювання глини та аргілітів при високих забійних температурах, для підвищення стабілізуючої здатності реагентів, зниження рН та в'язкості бурових розчинів й частково запобігання глобалізації глинистих часток при підвищених температурах (до 180 °С). Найбільш розріджуючий ефект досягається при рН бурового розчину 9-11. Самі по собі хромати (біхромати) не покращують властивостей бурових розчинів, тому обов'язковою умовою застосування хроматів є присутність в розчині температур більш ніж 70 °С та органічних хімічних реагентів – відновлювачів, котрі взаємодіють з хроматами, інтенсифікують процеси обміну та заміщення.

Висновки.

Більшість газоконденсатних родовищ, що розробляється в Україні, знаходиться на завершальній стадії розробки. Для них характерні ускладнення, зумовлені зменшенням швидкостей виносного потоку в свердловинах, що впливає на процес експлуатації свердловини.

Результати лабораторних досліджень свідчать, що хром лігніти зменшують активність глини та підвищують стабільність систем чим зменшують ймовірність виникнення ускладнень або аварій в процесі буріння та капітального ремонту.

Список літератури

1. Токунов В.И. Технологические жидкости и составы для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин / В.И. Токунов, А.З. Саушин. – М. : Недра, 2004. – 711 с.
2. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии / И. Л. Розенфельд. – М. : Химия, 1977. – 352 с.
3. Поп Г. С. Глушение скважин с предварительным блокированием продуктивных пластов дисперсными системами / Г. С. Поп, А. В. Бачериков. – М. : ВНИИЭгазпром, 1992. – 30 с.
4. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. – М. : Физматлит, 2002. – 335с.

5. Товажнянский Л.Л., Капустенко П. А., Бухкало С.И., Перевертайленко А. Ю., Арсеньева О.П. Анализ теплообменных систем установок газификации нефтеперерабатывающих производств / Интегрированные технологии та энергосбережения. – Х.: НТУ «ХПИ», 2011. – № 3. – С. 54–62.
6. Кустурова О.В., Шевченко Р.О., Жуган О.А., Печеніжська А.В., Подольян О.А. Дослідження корозійної активності мінералізованих технологічних рідин / Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 29(1201). – С. 19–23.
7. Товажнянский Л.Л., Кошелева М.К., Бухкало С.И. Общая химическая технология в примерах, задачах, лабораторных работах и тестах. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 447 с.

References (transliterated)

1. Tokunov V.I. Tehnologicheskie zhidkosti i sostavi dla povisheniya productivnosti nefteanih i gazovih skvazhin [Technological fluids and mixes increase yield of oil and gas wells] / V.I. Tokunov, A.Z. Saushin. – Moscow. : Nedra, 2004. – 711 p.
2. Rozenfeld I.L. Ingibitiri korozii [Inhibition corrosions] – Moscow: Himia, 1977. – 352 p.
3. Pop G.S. Glushenie skvazhin s predvaritel'nim blokirovaniem productivnih plastov dispersnimi sistemami [Kill wells with defensive productive layers by dispersive fluids] / G.S. Pop, F.V. Bacherikov. – Moscow. : VNIAGazprom, 1992. – 30 p.
4. Semenov I.V. Korozia i zashita ot korozii [Defense from corrosion] / I.V. Semenov, G.M. Florianov, G.M. Horianovich. – Moscow. : Fizmatlit, 2002. – 335 p.
5. Tovazhnjanskij L.L., Kapustenko P.A., Bukhhalo S.I., Perevertaylenko A.U., Arseneva O.P. Analysis teploobmennyyh systems ustanovki gaspirali neftepererabativaushiy proizvodstv [Analysis of the heat exchange systems of gasification of refinery] / Integrated technologies and energy conservation. – Kharkov: NTU «KhPI», 2011. – № 3. – P. 54–62.
6. Kusturova O.V., Shevchenko R.O., Zhugan O.A., Pechenizhs'ka A.V., Podol'jan O.A. Doslidzhennja korozijnioi aktivnosti mineralizovanih tehnologichnih ridin / Visnik NTU «HPI». – Kharkov: NTU «KhPI», 2016. – № 29(1201). – P. 19–23.
7. Tovazhnjanskij L.L., Kosheleva M.K., Bukhhalo S.I. Obshhaja himicheskaja tehnologija v primerah, zadachah, laboratornih rabotah i testah. – M. : INFRA-M, 2015. – 447 p.

Надійшло (received) 20.06.17

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження хромвмісних реагентів в технологічних рідинах / Е. В. Кустурова, О. А. Жуган, А. В. Печенежская, О. А. Подольян, Д. В. Моцарь // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2017. – № 18 (1240). – С. 20 – 23. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Исследования хромсодержащих реагентов в технологических жидкостях / О. В. Кустурова, О. А. Жуган, А. В. Печенежская, О. А. Подольян, Д. В. Моцарь // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2017. – № 18 (1240). – С. 20 – 23. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

Research of additives based of chrome in technological fluids / O. V. Kusturova, O. A. Zhugan, A. V. Pechenizhska, O. A. Podolian, D. V. Mozar // Bulletin of NTU «KhPI». – Series: Innovation researches in students' scientific work.. – Kharkov: NTU «KhPI». – 2017. – № 18 (1240). – P. 20 – 23. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-0821.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кустурова Олена Валеріївна – канд. техн. наук, провідний науковий співробітник відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Кустурова Елена Валериевна – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Kusturova Olena Valerivna – Candidate of Engineering Sciences, The leading researcher of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «УкрНДІгаз»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Жуган Оскар Анатолійович – провідний інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Жуган Оскар Анатольевич – ведущий инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Zhugan Oscar Anatoliovich – The leading engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «УкрНДІгаз»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Печенежська Аліна Вікторівна – інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Печенежская Алина Викторовна – инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Pechenizhska Alina Victorivna – The engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «УкрНДІгаз»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Подольян Олена Антонівна – інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Подольян Елена Антоновна – инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Podolian Olena Antonivna – The engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «УкрНДІгаз»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Моцарь Дмитро Володимирович – інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Моцарь Дмитрий Владимирович – инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Mozar Dmytro Volodymyrovych – The engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «УкрНДІгаз»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

УДК 378.65.011.56

*S. I. BUKHKALO, O. V. BILOUS, I. M. DEMIDOV***SOME OPPORTUNITIES OF DEVELOPMENTS OIL STABILIZATION TECHNOLOGY AGAINST OXIDATIVE SPOILAGE**

В статті наведені можливості вирішення деяких питань розвитку технології стабілізації рослинних олій від окиснювального псування. Вказані основні складові для визначення залежності між кількістю вилучених антиоксидантів з листя горіху волоського та квітів календули і технологічними параметрами екстракції. Визначено залежності періоду індукції під час ініційованого окиснення соняшникової олії від вмісту та співвідношення рослинних антиоксидантів. Виявлено ефект синергізму антиоксидантів з листя горіху волоського, календули та токоферолів соняшникової олії. Означено, що ступінь ненасиченості жирних кислот, які входять до рослинних олій, не впливає на антиоксидантну активність комплексного рослинного антиоксиданту.

Ключові слова: стабілізація до окиснення, інгібітори окиснення, листя горіху волоського, олія оливкова та соняшникова, синергізм, квіти календули.

В статье приведены возможности решения некоторых вопросов развития технологии стабилизации растительных масел от окислительной порчи. Указаны основные составляющие для определения зависимости между количеством экстрагированных антиоксидантов из листьев ореха грецкого и цветов календулы и технологическими параметрами экстракции. Определены зависимости периода индукции при инициированного окисления подсолнечного масла от содержания и соотношения растительных антиоксидантов. Обнаружен эффект синергизма антиоксидантов из листьев ореха грецкого, календулы и токоферолов подсолнечного масла. Отмечено, что степень ненасыщенности жирных кислот, входящих в растительные масла, не влияет на антиоксидантную активность комплексного растительного антиоксиданта.

Ключевые слова: стабилизация окисления, ингибиторы окисления, листья ореха волошского, масло оливковое и подсолнечное, синергизм, цветки календулы.

The materials are presented defined correlation between the amount of antioxidants produced from walnut leaves and calendula flowers and technological parameters of an extract. Fixed the dependence of the induction period of triggered sunflower oil oxidation process on the content and value of plant antioxidants. Detected the synergy effect of an antioxidant produced from walnut leaves and calendula flowers and sunflower oil tocopherols. Discovered, that the degree of unsaturation of fatty acids are comprised in plant oils, does not affect the antioxidant activity of plant antioxidant complex. Defined that injecting of complex plant antioxidant together with monoacylglycerols into oil creates the sedimentation-resistant dispersed phase.

Keywords: oxidation stabilization, oxidation inhibitors, walnut leaves, sunflower and olive oils, synergy, calendula flowers.

Introduction.

We have written this article some development opportunities of oil stabilization technology against oxidative spoilage. Fats and oils to be in contact with oxygen are susceptible to oxidative damage. The deodorized refined oil needs in a special protection against oxidation, because the oil greatly loses its natural oxidation inhibitors, so called tocopherols in using physical refining circuits under the influence of high temperatures [1–7]. Therefore, one of the universal and effective ways to protect oils and fats from oxidation is injection of antioxidants. At the present stage there are produced both synthetic and vegetable antioxidants. Many companies use synthetic antioxidants, taking in view that they give the economic benefits.

Information about the oxidation of fats.

Oxidation of fats is a process that leads to a change in organoleptic and physicochemical changes in fatty products. At that, the organoleptic properties worsened, shelf life of products reduced, and the most important is that this product becomes dangerous to consumption.

Atmospheric oxygen is easily soluble in fats. The oxygen dissolved in fats initiates the oxidative processes of especial activity that cannot be prevented during storage of oil enriched by oxygen even in the atmosphere of inert gases. So, in pumping out the molten fats and unloading them from tank vessels it is necessary to use devices preventing the fats from air ingress before their storage. Besides, there should be used the deaeration of fats and oils before storage and in the course of their treatment. However, the deaeration and inert gases cannot always

be applied. For example, when oils are placed in the oxygen-penetrative package together with other products. In these cases, a significant effect is achieved by the use of oxidation inhibitors as well as their mixtures in different ratios. Their actions make themselves evident in the increase of the induction period and reduction of oxidation rate.

At present, the oxidation inhibitors are of great importance. Their use can increase oxidative stability of oils and fats, as well as products, which have fatty components.

Therefore, many researchers all over the world dedicate their research to find ways for protection fats from oxidation. There are studies under the way both the methods for fat protection from contact with oxygen containing in the air and substances being introduced into the fat make it possible to slow down the process of oxidation. At present, one of the most effective solutions to protect fats from oxidation is the introduction of antioxidants into fat content.

Atmospheric oxygen is easily soluble in fats. The dissolved oxygen in fats actively initiates the process of oxidation. It is quite hard for fully unoxidized fats to be affected by atmospheric oxygen action. Early contact of oxygen with such oxidation fats takes place at very low speeds. This period of oxygen action having different duration for various cases is called by induction one. The duration of the induction period depends on the process temperature and the presence of substances that may lengthen or shorten it. The composition of products formed during oxidation of acylglycerols by oxygen, is

complex. The resulting oxidation products are divided into several groups [5]. The first of these are products of decomposition oxidative disrupture mainly acyl unsaturated fatty acids; disrupture of acyl saturated fatty acids is of substantially slower nature.

The second group includes acylglycerols oxidation products containing the same number of carbon atoms, as in primary acylglycerols, but it differs by the composition of additional functional groups containing oxygen, i.e. acyl isomerization products.

The third group includes oxidation products containing polymerized or condensed fatty acids, which can include new oxygen-containing functional groups.

Oxidation products of acylglycerols are also classified into the thermostable and thermolabile ones. The thermally labile are mainly substances containing functional groups of the peroxide nature and to a lesser extent of the hydroxyl and carbonyl groups [6].

Oxidation of acylglycerols is a self-acceleration process, because the first product of oxidation (hydroperoxide) is unstable and leads to the formation of new radicals, i.e. to initiate new oxidation chains and, consequently, increase the speed of process [7].

Check by antioxidant activity of the antioxidant for oils of different fatty acid content.

Olive and sunflower oils were used for making study: the olive oil contains the overwhelming majority of monounsaturated fatty acids, and sunflower oil contains the most majority of polyunsaturated fatty acids.

Antioxidant activity of extracts from walnut leaves in relation to oils of the different fatty acid content is assessed by measuring the oxidation induction periods of oils under study in the presence of antioxidant and oxidation initiator presented by device «Oksytest».

The device was engaged in for oxidation and data processing. The process of oxidation was conducted at 70°C. The initiator of process oxidation was the 0,05N solution of azoisobutyronitril in xylene. The composition of the mixture subjected to oxidation was the following: sunflower or olive oil; ethanolic extract of walnut; the 0,05N solution of azoisobutyronitril in xylene; ethylic alcohol. Confirmative experiments were conducted too. The confirmative experiments are the tests conducted under the same conditions, but the mixture to be subjected to oxidation is without the plant extract added. Antioxidant power of the extract is estimated by calculating method for antioxidant activity (AOA) [4] by the formula:

$$AOA = T_1 / T_2$$

where T_1 is the duration of the induction period of the studied mixture, min;

T_2 is the duration of the induction period of the control mixture, min.

First, the oxidation of sunflower oil without added Walnut extract was held (confirmative experiment №1), then it was the addition of walnut extract in amount of 0,025% (in terms of dry substance). According to our data the graphs were plotted that are shown in Fig. 1 and Fig. 2. According to the obtained graphs induction periods were defined. With oxidation of sunflower oil with plant extract the induction period was equal to 2675 minutes.

$$AOA = 2675/1426=1,88 \text{ (for sunflower oil).}$$

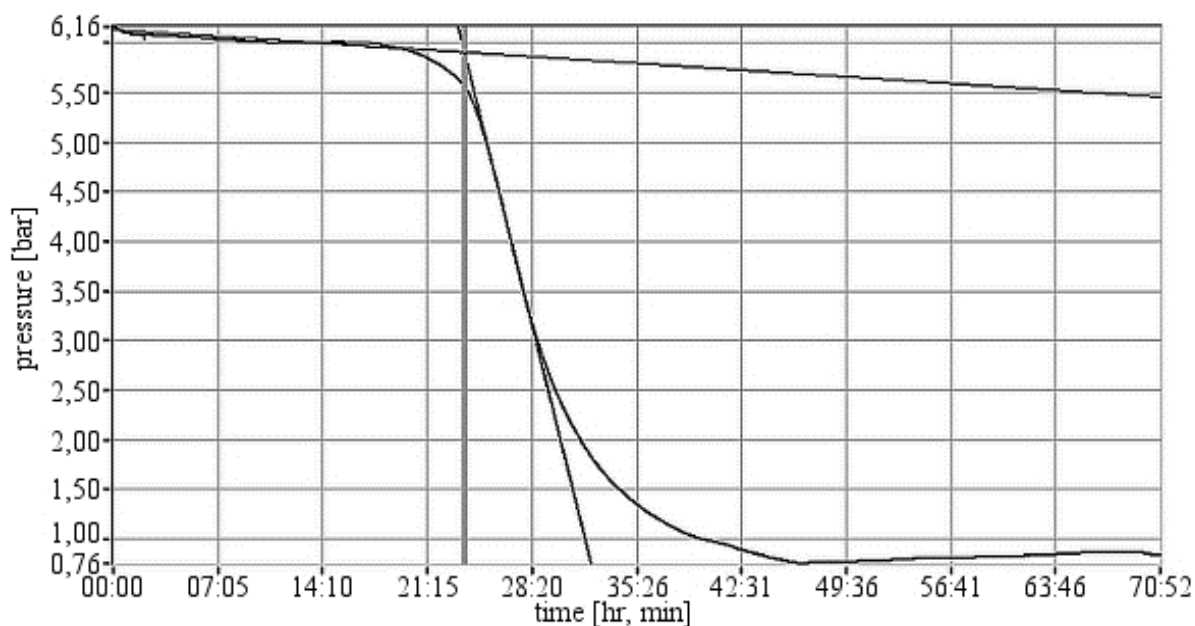


Fig. 1. Oxidation of sunflower oil without antioxidant addition

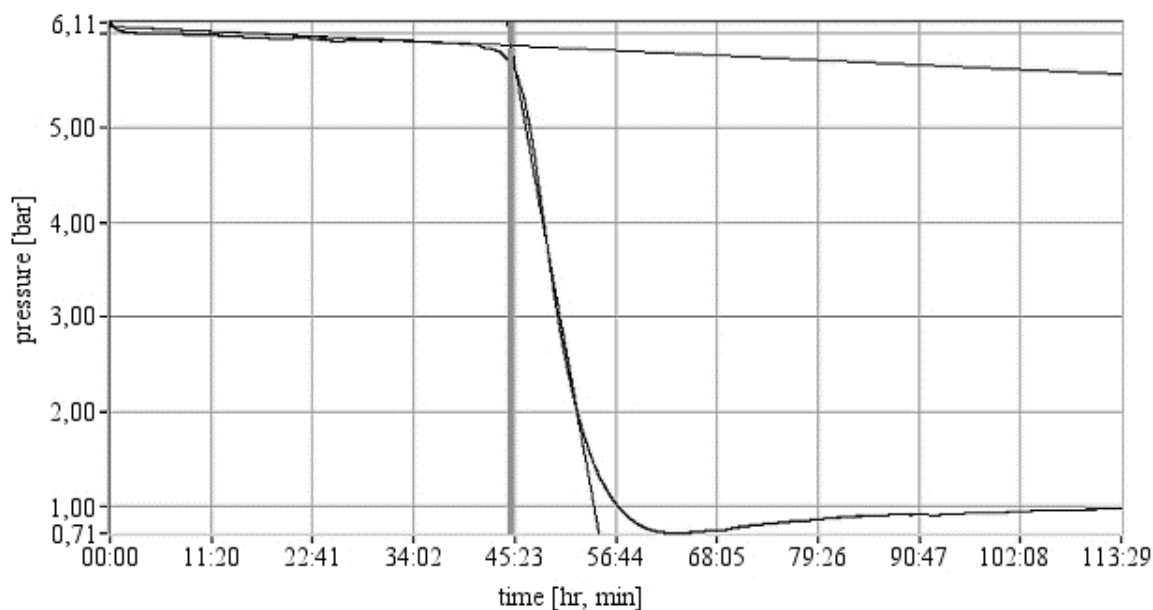


Fig. 2. Oxidation of the sunflower oil with antioxidant addition

The induction period of the confirmative experiment for the sunflower oil was 1426 minutes.

To determine the antioxidant activity of the extract with respect to olive oil, olive oil extract is oxidized without adding the walnut (confirmative experiment №2) and with walnut extract added in amount of 0,025% (in terms of dry substance). According to our data the graphs shown in Fig. 3 and Fig. 4 are built. According to the obtained graphs the induction periods were defined. Induction period of the confirmative experiment for olive oil was equal to 12142 minutes. In oxidizing the olive oil

with plant extract, the induction period was added to 21868 minutes.

$$AOA = 21868/12142 = 1,80 \text{ (for olive oil).}$$

As seen from the results obtained, the extract developed from the Walnut leaves is able to show inhibitory effect both on the oil with predominance of monounsaturated fatty acids, and the oil with predominance of polyunsaturated fatty acids.

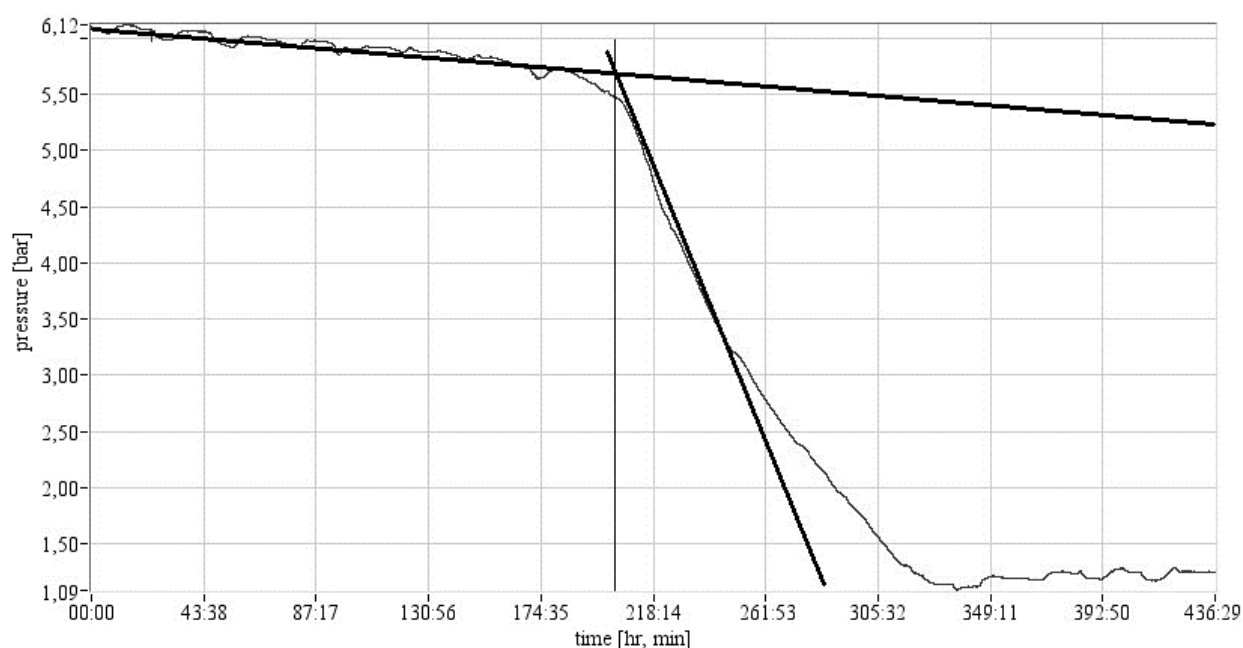


Fig. 3. Oxidation of olive oil without adding the antioxidant

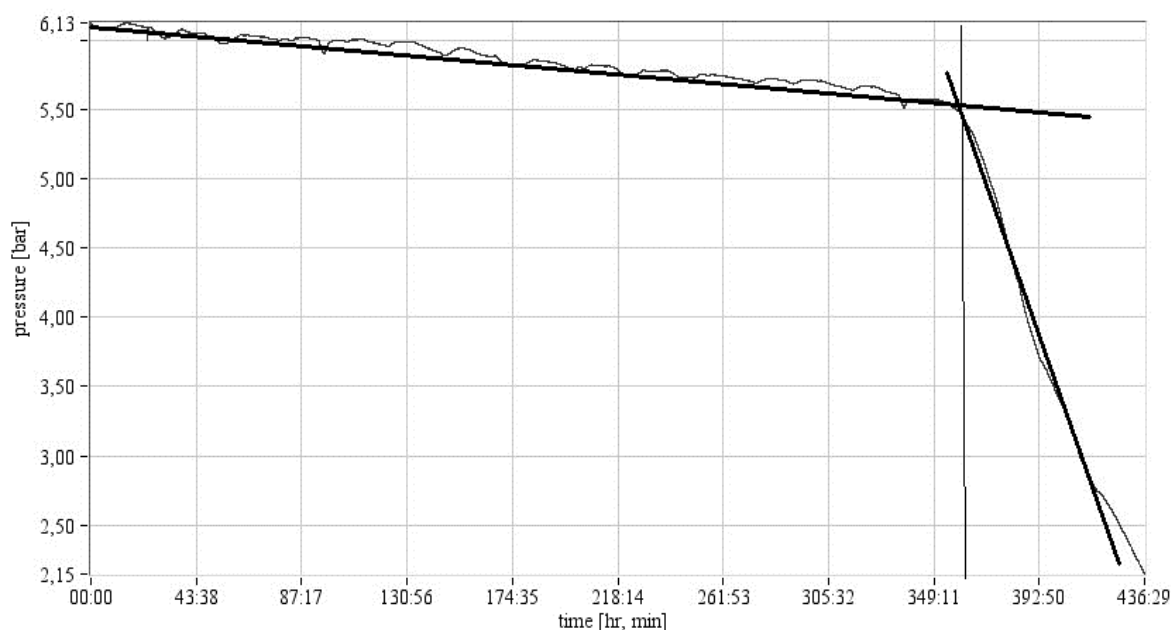


Fig. 4. Oxidation of olive oil with adding the antioxidant

Conclusion.

This antioxidant activity for both types of the oils is almost identical. The results make it possible to use the developed antioxidant in a wide range of foods containing fat components with fatty acids of varying degrees of unsaturation.

Experimentally and by approximating modeling it was revealed that between antioxidants from walnut leaves and calendula flowers and sunflower oil tocopherols the synergism effect takes place.

As a result of experimental studies it was found that the developed antioxidants slow down the oxidative spoiling of plant oils almost equally and that contain fatty acids of different degrees of unsaturation that allows us to use the antioxidants in a wide range of fat-containing products in which unsaturation of fatty acids is similar to be under study.

It was proposed the implementation for the development and introduction of complex plant antioxidant to sunflower oil.

Based on our studies, it was first:

- established relationship between the number of seized water-ethanol or water-glycerin solutions of antioxidants with walnut leaves and flowers of calendula and technological parameters of extraction;
- defined in the form of the approximation model for the quantitative relationships of the induction period in the course of the initiated sunflower oil oxidation as function of content and ratio of plant antioxidants, including the provision of their joint introduction;
- detected experimentally and theoretically grounded synergism effect of antioxidants with walnut leaves and calendula flowers as to the sunflower oil tocopherols;
- found that the degree of unsaturation of fatty acids as part of the vegetable oils, does not affect the antioxidant activity of the complex plant antioxidant.

References:

1. О. В. Білоус, І. М. Демидов, С. І. Бухкало. Дослідження явища синергізму між токоферолами соняшникової олії та інгібіторами окиснення екстракту із листя горіху волоського / Вісник НТУ «ХП». – Харків НТУ «ХП», 2014. – № 49(1091). – С. 57–64.
2. О. В. Білоус, І. М. Демидов, С. І. Бухкало. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули / Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2015. – № 1/6(73). – С. 22–26.
3. О. В. Білоус, І. М. Демидов, С. І. Бухкало. Антиоксидантна активність екстракта ореха грецького по отношению к маслам различного жирнокислотного состава / Оралдын гылым жаршысы. – 2015. – № 5(136). – С. 90–95.
4. О. В. Білоус, І. М. Демидов, С. І. Бухкало. Дослідження синергізму між інгібіторами окиснення екстракту листя горіху волоського та токоферолом / «Сучасні наукові досягнення»:

Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції, 27 січня – 5 лютого 2015 р. Прага. – Прага: «Edition and Science», 2014. – С. 49–51.

5. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., ДЕНИСОВА А.Є., ДЕМІДОВ І.М., КАПУСТЕНКО П.О., АРСЕНЬЄВА О.П., БІЛОУС О.В., ОЛЬХОВСЬКА О.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). – К.: «Центр учбової літератури». 2016. – 470 с.
6. Білоус О. В. Технологія стабілізації рослинних олій комплексним антиоксидантом: дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук: 02.07.15 / Білоус Олеся Валеріївна. – Харків, 2015 – 206 с.
7. О. В. Білоус, І. М. Демидов, С. І. Бухкало. Дослідження властивостей комплексного рослинного антиоксиданта // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIII Міжнародної науково-практичної конференції, Ч.ІІ (20-22 травня 2015р., Х.) / за ред. проф. Сокола Є.І. – Х., НТУ «ХП». 315 с.

Bibliography (transliterated): 1. O. V. Bilous, I. M. Demidov, S. I. Buhkalo. Doslidzhennja javishha sinergizmu mizh tokoferolami sonjashnikovoi olii ta ingibitorami okisnennja ekstraktu iz listja gorihu volos'kogo / Visnik NTU «HPI». – Harkiv NTU «HPI», 2014. – № 49(1091). – P. 57–64. 2. O. V. Bilous, I. M. Demidov, S. I. Buhkalo. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listja gorihu volos'kogo ta kalenduli / Vostochno-evropejskij zhurnal передовih tehnologij. – 2015. – № 1/6(73). – P. 22–26. 3. O. V. Bilous, I. M. Demidov, S. I. Buhkalo. Antioksidantnaja aktivnost' jekstrakta oreha grec'kogo po otnosheniju k maslam razlichnogo zhirnokislотного sostava / Oraldyn gylım zharshysy. – 2015. – № 5(136). – P. 90–95. 4. O. V. Bilous, I. M. Demidov, S. I. Buhkalo. Doslidzhennja sinergizmu mizh ingibitorami okisnennja ekstraktu listja gorihu volos'kogo ta tokoferolom / «Suchasni naukovі dosjagnennja»: Materialy HI Mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferencii, 27 sichnja – 5 ljutogo 2015 r. Praga. – Praga: «Edition and Science», 2014. – P. 49–51. 5. Tovazhnjans'kij L.L., Buhkalo

S.I., Denisova A.C., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). – K.: «Centr uchbovoi literaturi». 2016. – 470 p. 6. Bilous O. V. Tehnologija stabilizacii roslinnih oliv kompleksnim antioksidantom: disertacija na zdobuttja naukovoogo stupenju kandidata tehnicnih nauk: 02.07.15 / Bilous Olesja Valeriivna. – Harkiv, 2015 – 206 p. 7. O. V. Bilous, I. M. Demidov, S. I. Buhkalo. Doslidzhennja vlastivostej kompleksnogo roslinnogo antioksidanta // Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: Tezi dopovidej HXIII Mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferencii, Ch.II (20–22 travnja 2015r., H.) / za red. prof. Sokola C.I. – H., NTU «HPI». 315 p.

Received 23.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Деякі можливості розвитку технології стабілізації олій від окислювального псування / С. І. Бухкало, О. В. Білоус, І. М. Демидов, // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 24–28. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2220-4784.

Некоторые возможности развития технологий стабилизации растительных масел от окислительной порчи / С. И. Бухкало, О. В. Белоус, И. Н. Демидов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 24–28. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2220-4784.

Some opportunities of developments oil stabilization technology against oxidative spoilage / S. I. Buhkalo, O. V. Bilous, I. M. Demidov // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18(1240). – p. 24–28. Bibliog.: 7 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Світлана Іванівна – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Buhkalo Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Білоус Оlesia Валеріївна – кандидат технічних наук, викладач кафедри фізичного виховання та викладач кафедри органічної хімії, біохімії та мікробіології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380963736909; e-mail: fazia@ukr.net

Bilous Olesia Valeriivna – Phd, candidate of technical sciences, Teacher, Department of physical education, Department of organic chemistry, biochemistry and microbiology, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380963736909; e-mail: fazia@ukr.net

Белоус Оlesia Валерьевна – кандидат технических наук, преподаватель кафедры физического воспитания и преподаватель кафедры органической химии, биохимии и микробиологии, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380963736909; e-mail: fazia@ukr.net

Демидов Ігор Миколайович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри «Технологія жирів і продуктів бродіння»; тел.: (095) 185-32-67; e-mail: demigon@rambler.ru

Demidov Igor Nikolaevich – doctor of technical sciences, professor, National Technical University "Kharkovsky Polytechnic Institute", Professor of the Department "Technology of fats and fermentation products"; tel.: (095) 185-32-67.

Демидов Игорь Николаевич – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры «Технология жиров и продуктов брожения»; тел.: (095) 185-32-67; e-mail: demigon@rambler.ru.

УДК 643.334

A. E. DENYSOVA, A. S. MAZURENKO, A. S. DENYSOVA

HEAT PUMP AT SUBSOIL WATER FOR HEAT AND POTABLE WATER SUPPLY

Запропоновано новий підхід до вирішення проблеми видалення ґрунтових вод з подальшим їх використанням на базі теплового насоса для цілей теплопостачання та забезпечення питною водою. Розроблено методику розрахунку, що дозволяє визначити, виходячи із заданої потужності теплового насоса, глибину свердловини, кількість свердловин, з урахуванням швидкості і температури ґрунтових вод. Розроблено алгоритм розрахунку установки, реалізація якої показана на конкретному прикладі, що підтверджує її ефективність для забезпечення споживачів одночасно опаленням, питною водою, а також для запобігання підтоплення будинків ґрунтовими водами.

Ключові слова: тепловий насос, теплопостачання, водопостачання, ґрунтові води.

Предложен новый подход к решению проблемы удаление подпочвенных вод с последующим их использованием для обеспечения питьевой водой и теплоснабжения на базе теплового насоса. Разработана методика расчета, позволяющая определить, исходя из заданной мощности теплового насоса, глубину буровой скважины, количество скважин, с учетом скорости и температуры грунтовых вод. Разработан алгоритм расчета установки, реализация которой показана на конкретном примере, подтверждающем ее эффективность для обеспечения потребителей одновременно отоплением, питьевой водой, а также для предотвращения подтопления домов грунтовыми.

Ключевые слова: тепловой насос, теплоснабжение, водоснабжение, грунтовые воды.

Removal of groundwater with further use of it for potable water supply and heat supply with the use of heat pump is an important problem. A new revolutionary approach to the decision of energy and water saving that provides rational accommodation of groundwater boreholes ensuring the required flow rate of water through the heat pump evaporator with simultaneously high intensity of heat exchange process is proposed. The method of calculation which allows determining the necessary depth of borehole, quantity of boreholes, in consideration of flow rate and temperature of subsoil water determining capacity of heat pump installation is worked out. Realization and algorithm of calculation of subsoil water heat pump installation are developed. Results that confirms efficiency of its work for heat and water supply simultaneously are shown on concrete example.

Keywords: heat pump, subsoil water, heat supply, potable water supply

Introduction. Numerous regions of the world are under negative influence of subsoil water circulating near surface of the ground. That is why the purpose of the work is to estimate the prospects of implementation of the installation for removal of subsoil water from houses for further supply of potable water and heat to consumers at the base of heat pump [1]. This task is especially important in the autumn-winter period for regions with high level of subsoil water when danger of flooding of the buildings is grown considerably and deficiency of energy for heating increases simultaneously [2–5].

A general material. We offer new revolutionary approach to the decision of this task that provides rational accommodation of subsoil water boreholes

supporting the required flow rate of water for thermal needs of heat pump evaporator with high intensity of heat exchange process simultaneously. The circuit of heat pump installation with integrated purposes (preventing flooding of buildings during a high water period of time, heat and potable water supply) at base of subsoil water includes a borehole circuit and water purification circuit. Heat pump installation of potable water and heat supply at base of subsoil water has a special module for water purification [6].

Installation of potable water and heat supply (Figure 1) at base of heat pump 3 includes the evaporator 5, compressor 6, condenser 7 and throttle gate 8.

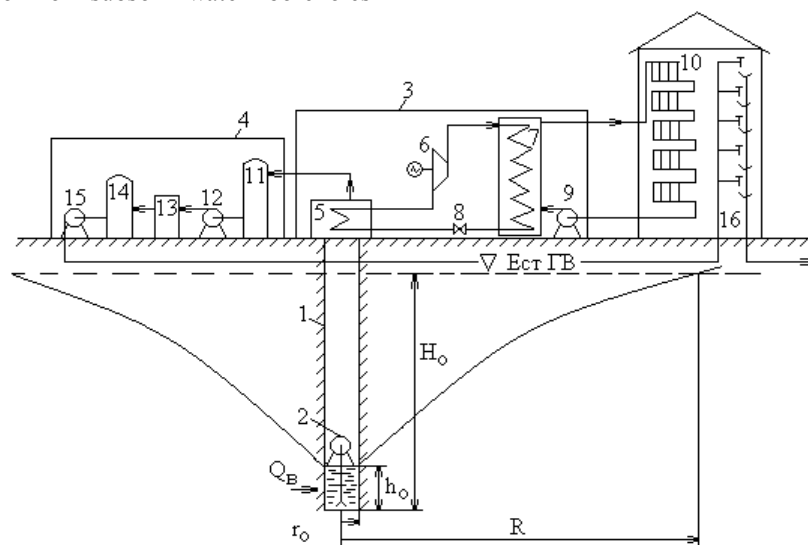


Figure 1. Installation of potable water and heat supply at base of subsoil water: 1 – borehole; 2, 9, 12, 15 – pump; 3 – heat pump; 4 – module of water purification; 5 – evaporator; 6 – compressor; 7 – condenser; 8 – throttle gate; 10 – heat consumer; 11 – subsoil water tank; 13 – tank for water purification; 14 – tank with potable water; 16 – potable water consumer

Evaporator 5 is placed in the circuit of circulation of subsoil water incoming from borehole 1 via pump 2. Condenser is placed in the circuit of circulation of heat consumer 10. The system of water purification 4 includes subsoil water tank 11, incoming through evaporator 5, water pump 12, module of purification with tanks 13, 14 and pump 15 for potable water supply of consumers 16.

3. Research method.

Flow rate of subsoil water [6]:

$$V_w = \frac{\pi \cdot (H_0^2 - h_0^2) \cdot k}{\ln(R/r_0)}, \text{ m}^3/\text{s} \quad (1)$$

where $R=3000 \cdot (H_0 - h_0) \cdot k^{-1/2}$ – radius of funnel, m;

$k=10^{-5}, 0.5 \cdot 10^{-5}, 10^{-6}$ – filtration coefficient for sand, loam and clay accordingly, m/s;

$r_0=0.075, 0.15, 0.3$ – radius of borehole, m [7].

Heat power of the heat pump at subsoil water which is defined as [8]:

$$Q_0 = G_w \cdot C_p \cdot \Delta t, \quad (2)$$

where $G_w = V_w \cdot \rho_w$, kg/s;

ρ_w – density, kg/m³;

C_p – specific heat capacity, kJ/(kg·K);

Δt – cooling of water in evaporator

($\Delta t_w = t_w^{vx} - t_w^{vux} = 14 - 4 = 10$ K);

t_w^{vx}, t_w^{vux} – inlet and outlet temperature of water in evaporator.

4. Results and discussions

Results of numerical simulation (figure 2, 3) shows that flow rate of subsoil water is close to square-law dependence on pressure $z=H_0-h_0$, because of laminar mode of flow of subsoil water through the ground layer. Flow rate of subsoil water depends proportionally on filtration factor f but influence of borehole's radius r_0 is negligible [7].

Figure 2 allow determining necessary depth of borehole H_0 with the account of h_0 and quantity of boreholes (at changes of borehole depth).

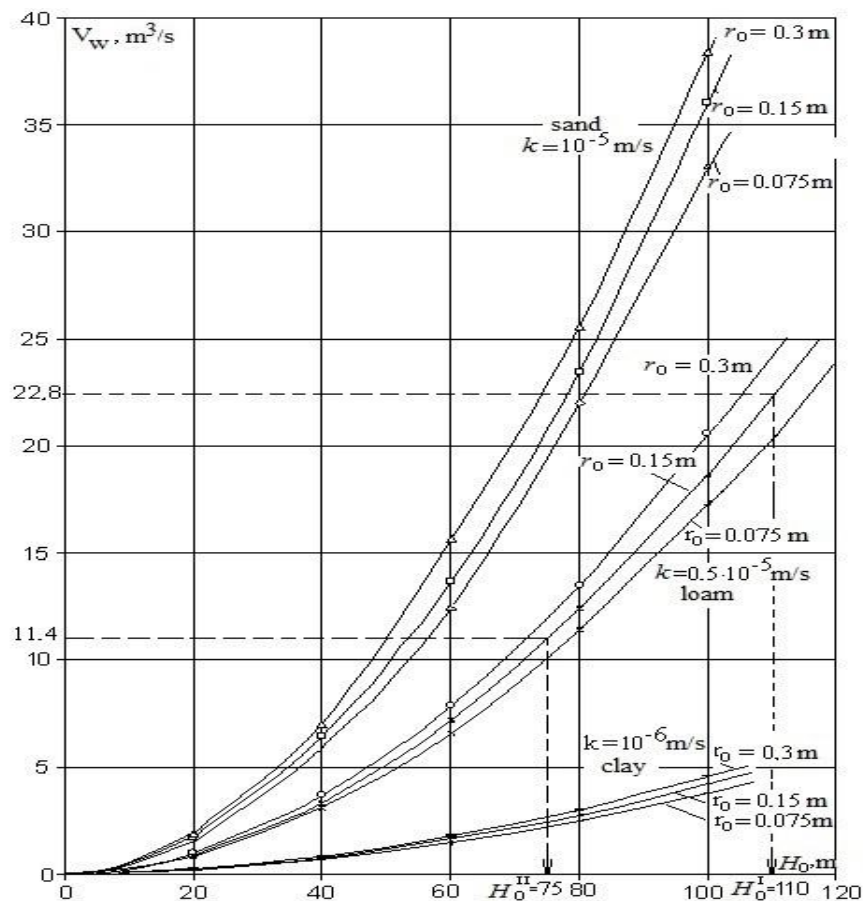


Figure 2. Flow rate and depth of borehole.

For heat pump evaporator having surface area of heat transfer $F = 320$ m², having heat transfer coefficient

$k_f = 0.5$ kWh/(m²·K) for temperature difference $\Delta t = 6^\circ\text{C}$, which corresponds to the heat flow density $q = 3$ kW/m².

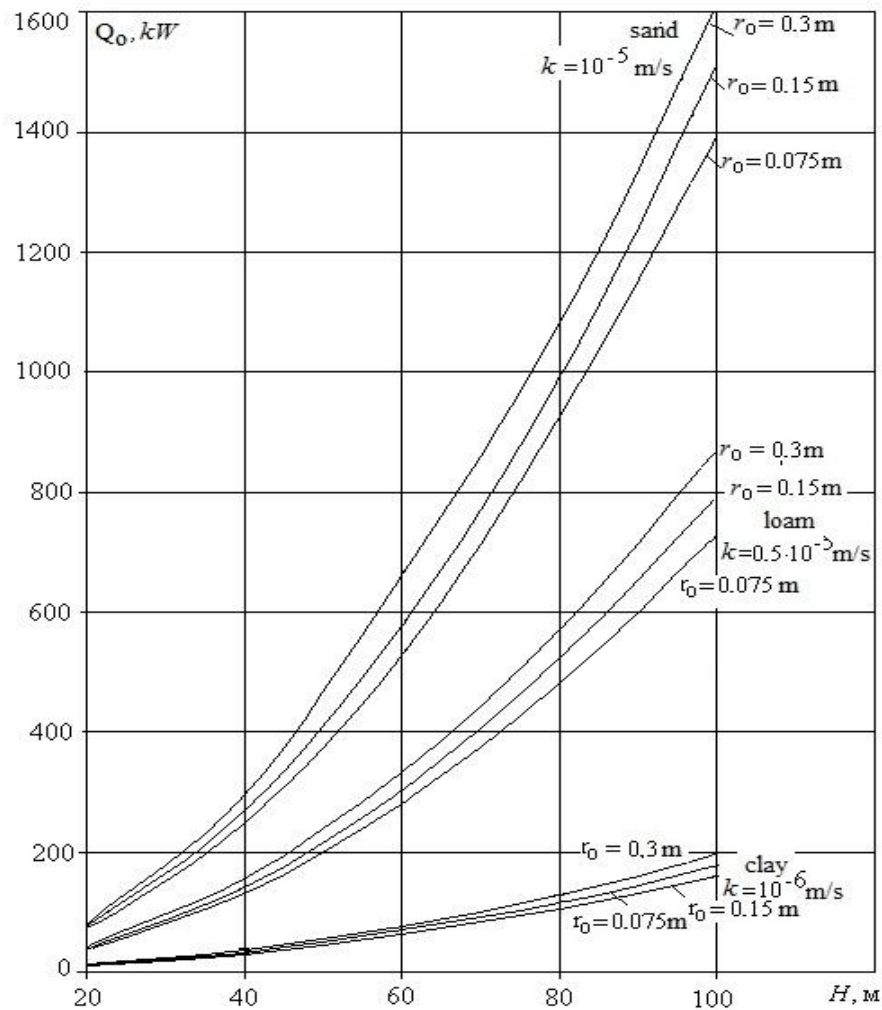


Figure 3. Heat power of the evaporator.

The heat power (figure 3) of the evaporator can be defined as: $Q_0 = q \cdot F = 3 \cdot 320 = 960$ kW.

For the case of cooling of subsoil water in the evaporator of heat pump $\Delta t_w = 10^\circ\text{C}$ the required flow rate of subsoil water, with the account of equation (2), can be defined as:

$$G_w = \frac{Q_0}{C_p \cdot \Delta t} = \frac{960}{4.2 \cdot 10} = 22.8 \text{ kg/s}.$$

The temperature of the refrigerant boiling in the evaporator of heat pump can be estimated as [9]:

$$E = \frac{C_w (t_w^{vx} - t_w^{vux})}{C_{min} (t_w^{vx} - t_0)}, \quad (3)$$

where E – thermodynamic efficiency, which show the ratio of real flow of heat to maximum possible in the ideal heat exchanger.

In our case $C_w = C_{min}$, therefore:

$$E = \frac{t_w^{vx} - t_w^{vux}}{t_w^{vx} - t_0}, \quad (4)$$

From equation (4):

$$t_0 = t_w^{vx} - \frac{t_w^{vx} - t_w^{vux}}{E},$$

where $E = 1 - \exp[-k_r F / (C_p \cdot G_w)]$ – for evaporator of the heat pump [10].

In order to estimate the cost-effectiveness of the installation the method of economic evaluation based on a comparison of cost of the traditional heat supply unit and traditional water supply unit was applied [11–13].

Results of numerical simulation shows that in case of three boreholes (for example, for loam) when the depth of each borehole is 60 m the flow rate of subsoil water equals $G_w = 7,6 \cdot 3 = 22,8$ kg/s (figure 2).

Temperature of boiling of refrigerant (R-142) equals 1,5°C;

temperature of condensation of refrigerant equals 70 °C; temperature of hot water 65 °C;

efficiency of compressor 0,85;

flow rate of refrigerant equals 7.3 kg/s;

COP=3,5;

heat capacity of condenser of heat pump equals 1350 kW;

electric capacity of electric motor for compressor equals $N_k = 390$ kW;

heat capacity of heat pump evaporator equals 960 kW, capacity of 3 electric motors for subsoil water pump equals 16 kW.

While heat capacity of heat pump equals $Q_h = 1350$ kW, the quantity of apartments which can be supplied by heat equals 450 (needs of one apartment approximately 3 kW) [14].

The total economic efficiency of heat and water supply system can be determine with the account of annual costs of heat supply system Z_h^y and water supply system Z_w^y (e.g. $G_w = 22,8$ kg/s) [13]:

$$Z_h^y = C_h^y + K_h \cdot E_n$$

$$Z_w^y = C_w^y + K_w \cdot E_n$$

where C_h^y , C_w^y – annual operating costs of heat and tap water production;

K_h , K_w – costs of the system (including costs of heat pump, boreholes with water pumps and water supply system with water treatment installation);

E_n – normative amortization factor ($E_n = 0.1$).

Annual operating costs for the generation of heat:

$$C_h^y = C_{el}^h \cdot N_{el}^h \cdot \tau_y + 12 \cdot n \cdot Z_n = 0.02 \cdot 420 \cdot 8760 + 12 \cdot 5 \cdot 200 = 74800$$

USD/year

where C_{el}^h – cost of 1 kWh;

$\tau_y = 8760$ – annual operating hours;

n – number of persons serving the installation;

Z_n – monthly salary per person;

N_{el}^h – electric power for generation of heat.

$$N_{el}^h = N_k + N_{el} = 390 + 30 = 420 \text{ kW},$$

where N_k – electric capacity of electric motor of compressor;

N_{el} – electric power of water pump.

Annual costs for heat generation, USD/year:

$$Z_h^y = C_h^y + K_h \cdot E_n = 74800 + 5 \cdot 10^5 \cdot 0.1 = 125 \cdot 10^3.$$

Specific costs for heat production:

$$z_h^{sp} = \frac{Z_h^y}{Q_h^y} = \frac{125 \cdot 10^3}{1350 \cdot 8760} = 1.05 \cdot 10^{-2}$$

USD/kWh=3USD/GJ.

Annual operating costs for the generation of pure water:

$$C_w^y = C_{el}^w \cdot N_{el}^w \cdot \tau_y + 12 \cdot n \cdot Z_n = 0.02 \cdot 30 \cdot 8760 + 12 \cdot 5 \cdot 200 = 17250$$

USD/year,

where $N_{el}^w = 30$ kW – electric power for pumps of water treatment unit.

Annual costs for water supply system:

$$Z_w^y = C_w^y + K_w \cdot E_n = 17250 + 0.1 \cdot 10^5 = 272.5 \cdot 10^3$$

Specific costs for water provision in case of three boreholes:

$$z_w^{sp} = \frac{Z_w^y}{Q_w^y} = \frac{Z_w^y}{G_w \cdot \tau_y} = \frac{272.5 \cdot 10^3}{22.8 \cdot 3.6 \cdot 8760} = 0.038$$

USD/m³.

Annual cost savings for heat supply system based on our proposals, USD/year:

$$\Delta z_h^y = (z_{hs}^{sp} - z_h^{sp}) \cdot Q_h \cdot \tau_y = (5 - 3) \cdot 1350 \cdot 3.6 \cdot 8760 = 81 \cdot 10^3$$

where $z_{hs}^{sp} = 5$ USD/MJ – costs of heat incoming from boiler.

Annual cost savings for water provision based on our proposals:

$$\Delta z_w^y = (z_{ws}^{sp} - z_w^{sp}) \cdot Q_h \cdot \tau_y = (0.1 - 0.038) \cdot 22.8 \cdot 3.6 \cdot 8760 = 45 \cdot 10^3 \text{ USD/year},$$

where $z_{ws}^{sp} = 0.1$ USD/m³ – costs of pure water.

Cost savings due to implementation of water provision system while $T=10$ years of operation:

$$\Delta z_w = \Delta z_w^y \cdot T = 45 \cdot 10^3 \cdot 10 = 450 \cdot 10^3 \text{ USD}.$$

Cost savings due to implementation of heat provision system while $T=10$ years of operation:

$$\Delta z_h = \Delta z_h^y \cdot T = 81 \cdot 10^3 \cdot 10 = 810 \cdot 10^3 \text{ USD}.$$

General cost savings due to implementation of installation of heat and potable water supply at base of heat pump while $T = 10$ years of its operation can be defined as:

$$\Delta z = \Delta z_h + \Delta z_w = 810 \cdot 10^3 + 450 \cdot 10^3 = 1.26 \cdot 10^6 \text{ USD.}$$

5. Conclusions

Removal of subsoil waters from the surface of the ground with its subsequent use for water and heat supply reduces negative influence of subsoil waters circulating near to surface of the ground. Especially during autumn-winter period in the regions with high level of subsoil water a danger of flooding of the buildings becomes real and deficiency of energy for heating rises simultaneously. Heat pump installation with integrated purposes – water and heat supply – can compensate escalating annually deficiency of potable water for numerous regions having problems with water deficit and

allows solving the problem of substitution of traditional fuels.

Social effect of implementation of heat pump installation with integrated modes of work – preventing flooding of buildings during a high water period.

The results of numerical simulations shows technical and economic expediency of application of heat pump installation with integrated purposes. The general economy while 10 years equals 1,26·10⁶ USD (including water provision – 0,45·10⁶ USD, heating 0,81·10⁶ USD).

The amount of specific investments into heat pump systems is largely determined by the applied technology and quantity of heat and water derived from the utilization of subsoil water. In general, the specific costs decrease with an increase in integrated capacity of system.

References

1. Denysova A.E, Mazurenko A.S. (1999) Utilization of ground heat in a heat pump combined solar- ground heat supply systems. Proc. of ISES Solar World Congress, Ierusalim, – pp.77 – 78.
2. Healy P.F, Ugursal V.I. (1997) Performance and economic feasibility of ground source heat pumps in cold climate. J. Energy Research. 21. – pp. 857-870.
3. Badescu V. (2007). Economic aspects of using ground thermal energy for passive house heating J.Renewable Energy 32. – pp. 895-903.
4. Marcotte D., Pasquier P., Sheriff F. and Bernier M. (2010). The importance of axial effects for borehole design of geothermal heat-pump systems J. Renewable Energy, 35. – pp. 763–770.
5. Denysova A.E., Mazurenko A.S. (2006). Integrated alternate system of thermal consumption Proc. Proc. of 15th Int. Conference World sustainable energy days, Wels, Austria, 1, p. 275.
6. Denysova A.E, Mazurenko A.S. (2006). Installation of Potable Water Supply and Heat Supply on base of Subsoil Waters for sustainable technologies Proc. World sustainable energy days, Wels, Austria, 1, – pp. 119–121.
7. Denysova A.E, Mazurenko A.S., Denysova A.S. (2017) Installation of potable water supply and heat supply at base of subsoil water. Renew. Energy Environ. Sustain. 1, 43 (2016) © A.E. Denysova et al., published by EDP Sciences, 2016 DOI: 10.1051/rees/2016046
8. Denysova A.E, Mazurenko A.S. (2002). The influence of accuracy accounting of heat on thermal efficiency of heat supply unit. Proc. of 15th Int. Conference Commercial accounting of heat carriers and improvement of the flow measurement of liquid, gas and steam, Saint-Petersburg, 1, – pp. 363 – 371.
9. Denysova A.E, Troitskiy A.N. (2008). Efficiency of heat pump of heat supply system Proc. of 11th International Conference Power Engineering GRE J. Opole Technical University. 60, – pp. 79 –86.
10. Kays W.M., London A.L. (1984). *Compact heat exchangers*, New York (McGrow-Hill) p 157.
11. Kreith F., Black W. (1980). *Basic heat transfer*. New York (Harper and Row), – p. 521
12. Bosma J. (1993). *Heat pumps for energy efficiency and environmental progress* (Amsterdam: Elsevier science publishers), – p. 596.
13. Kaltschmitt M., Streicher W., Wiese A. (2007). Renewable energy. Technology, Economics and Environment (Berlin: Springer). – 564 p.
14. Denysova A.E., Mazurenko A.S. (2008). Heat pump unit for heat and water supply at base of renewable energy. Proc. of International conference Energy efficiency of Odessa and its future. Odessa, 21 February 1, – 265 p.

Received 23.06.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Тепловий насос з використанням ґрунтових вод для теплозабезпечення та постачання питною водою / А.Є. Денисова, А.С. Мазуренко, А.С. Денисова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 29–34. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Тепловой насос с использованием грунтовых вод для теплоснабжения и обеспечения питьевой водой / А.Е. Денисова, А.С. Мазуренко, А.С. Денисова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 29–34. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Heat pump at subsoil water for heat and potable water supply/ A.E. Denysova, A.S. Mazurenko, A.S. Denysova // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18(1240). – P. 29–34. Bibliogr.: 14. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Денисова Алла Євсївна – доктор технічних наук, професор кафедри ТЕСтАЕ, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса; тел.: (048) 705-85-91; e-mail: alladenysova@gmail.com.

Денисова Алла Евсеевна – доктор технических наук, профессор кафедры ТЭСиЭТ, Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, тел.: (048) 705-85-91; e mail: alladenysova@gmail.com.

Alla Evseevna Denysova – doctor of science, professor of Department HPPandEST, Odessa National Polytechnic University, Odessa, tel.: (048)705-403; alladenysova@gmail.com

Мазуренко Антон Станіславович – доктор технічних наук, професор кафедри ТЕСтАЕ, Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса; тел.: (048)705-859; antmaz46@gmail.com

Мазуренко Антон Станиславович - доктор технических наук, профессор кафедры ТЭСиЭТ, Одесский национальный политехнический университет, г. **Одесса, тел.:** (048)705-859; antmaz46@gmail.com

Mazurenko Anton Stanislavovych – doctor of science, professor of Department HPPandEST, Odessa National Polytechnic University, Odessa, tel.: (048)705-859; antmaz46@gmail.com

Денисова Анастасія Сергїївна – Одеський національний політехнічний університет, студентка м. Одеса; тел.: (048) 705-85-91; e-mail: anastasiadenysova@gmail.com.

Денисова Анастасия Сергеевна – Одесский национальный политехнический университет, студентка, г. Одесса, тел.: (048) 705-85-91; e mail: anastasiadenysova@gmail.com.

Denysova Anastasiia Sergiivna – Odessa National Polytechnic University, student, Odessa, tel.: (048)705-403; anastasiadenysova@gmail.com

УДК 678.65.011.56

С. І. БУХКАЛО**ДЕЯКІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ХІМІЧНОГО СПІНЮВАННЯ ВТОРИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ**

В статті наведені можливості вирішення деяких задач для процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену як частки ТПВ. Дослідження спрямовані на вивчення таких питань, як розробка синергетичних моделей утилізації-модифікації полімерної частини ТПВ. При цьому враховувалися фактори вибору науково-обґрунтованих методів переробки та утилізації полімерів; розробка необхідних технологічних схем і устаткування для переробки полімерних відходів; вибір підприємств для реалізації утилізації полімерів і виду енергетичних ресурсів для втілення цих проектних рішень.

Ключові слова: комплексні енерготехнології, полімерна частка ТПВ, моделі синергетичних процесів, тара та пакування, екологічна безпека, науково-обґрунтовані методи, переробка та утилізація.

В статье приведены возможности решения некоторых задач для процессов химического вспенивания вторичного полиэтилена как части ТПО. Исследования направлены на изучение таких вопросов, как разработка синергетических моделей утилизации-модификации полимерной части ТПО. При этом учитывались факторы выбора научно-обоснованных методов переработки и утилизации полимеров; разработка необходимых технологических схем и оборудования для переработки полимерных отходов; выбор предприятий для реализации утилизации полимеров и вида энергетических ресурсов для реализации этих проектных

Ключевые слова: комплексные энерготехнологии, полимерная часть ТПО, модели синергетических процессов, тара и упаковка, экологическая безопасность, научно-обоснованные методы, переработка и утилизация.

The materials presented the possibilities of solving problems of improving the use of wastes of different industries on a complex enterprise that can provide all its energy needs alone. Some features of the possibilities of solving evidence-based problems of improving the use of wastes of different industries on a complex enterprise. The problem of wastes utilization and recycling is present as complex synergetic processes research and analysis of energy- and resource saving processes for treatment of polymer wastes of various origin. The research focused on the study of issues such as the development of models of waste-modifying polymer. The investigation are focused in researching such problems as selection of scientific based methods of wastes to be utilized or recycled; the development of appropriated process flow sheets and choice of modifications additives and equipment for polymers waste recycling. The choice of appropriate plants with selected energy resources is very important for projects realization.

Keywords: integrated energy technologies, synergetic processes, polymer waste, packaging, evidence-based methods, ecological safety, wastes conversion and recycling.

Вступ.

Як відомо, в Україні утилізують незначну частину так званих полімерних відходів, які є частиною твердих побутових відходів (ТПВ). Разом з тим, ці відходи здатні зазнавати шестикратну переробку в нові вироби, що визначає можливості ресурсо- та енергозбереження [1–5]. Тому наші дослідження спрямовані на вивчення таких питань, як розробка моделей синергетичної утилізації-модифікації полімерної частини ТПВ для процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену. При цьому враховувалися фактори вибору науково-обґрунтованих методів переробки та утилізації полімерів; розробка необхідних технологічних схем і устаткування для переробки полімерних відходів; вибір підприємств для реалізації утилізації полімерів і виду енергетичних ресурсів для реалізації цих проектних рішень. Кожен із циклів переробки ТПВ вимагає інноваційного підходу, тому рішення задачі утилізації-модифікації ТПВ в загальному випадку ми розглядаємо як єдиний комплекс інноваційних проектів, що вимагає адекватних методів управління комплексним виробництвом [3, 6–11].

Відомі авторам даної роботи дослідження присвячені, в основному, переробці якісних полімерних відходів, які не входять до складу ТПВ. Разом з тим, найбільш імовірними великотоннажними джерелами вторинної полімерної сировини є відходи зі зниженими до критичного мінімуму фізико-механічними та фізико-хімічними властивостями, тобто полімерні відходи, що втратили свої якості з різних причин експлуатації: жорсткі умови, закінчення терміну споживання або сумішеві

композиції з іншими полімерами та матеріалами. Зрозуміло, що такі відходи вимагають застосування спеціальних науково-обґрунтованих методів переробки, конкретних в кожному випадку з урахуванням зацікавленості суспільства в переробці полімерних відходів, як фактора поліпшення екологічної безпеки [12–16]. Необхідно також виробляти позицію суспільства й держави по зниженню техногенного навантаження на навколишнє середовище.

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

З метою успішного розвитку інноваційного проекту з утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ необхідний ґрунтовний аналіз методологічних і методичних основ механізмів різновидів «старіння» виробів при експлуатації та моделювання процесів утилізації-модифікації з метою конкретизації вибору технології та обладнання; розширенням застосування вторинних полімерних матеріалів, управління інноваційними проектами на всіх етапах від виникнення ідеї до її реалізації в умовах ринкових відносин [2–7, 9–14]. Під проектом необхідно об'єднати сукупність різних видів науково-технічної, технологічної, організаційної, екологічної, правової, соціальної та інших видів діяльності, зв'язаних досягненням єдиної мети, досить жорстко обмежених часом, засобами і вимогою до рівня якості.

З урахуванням проведених нами науково-обґрунтованих досліджень за обраними напрямками: ідентифікація-класифікація різновидів полімерної частки ТПВ та вибір критеріїв оцінки їх якості;

визначення змін властивостей полімерів у процесах експлуатації різновидів виробів з них; цілеспрямована утилізація-модифікація або кінцева газифікація з метою використання полімерної частки ТПВ можна, наприклад, визначити розширення галузей застосування вторинного поліетилену шляхом моделювання розробки технології виробництва спіненого вторинного поліетилену [17–20].

З метою науково-практичного обґрунтування був проведений огляд літературних даних. Класифіковані види й методи переробки великотоннажних відходів, наприклад поліолефінів. Встановлена необхідність дослідження основних структурно-хімічних змін поліолефінів при окисненні. Розроблені методи вивчення фізико-хімічних властивостей у процесі експлуатації виробів з поліетилену та виявлені закономірності зміни експлуатаційних його характеристик. Так, наприклад, запропоновані й досліджені, методи модифікації фізико-механічних і механічних властивостей вторинного поліетилену отриманого з поліетиленових відходів різного строку експлуатації. Виробництво спіненого поліетилену відомий процес за основними методами хімічного та фізичного спінування. Берлін А.А. і Шутов Ф.А. [21] представили найбільш повну структуру за способом газонаповнення і фіксації комірчастої (ячеїстої) структури. Хімічне спінування здійснюють: 1) газами які виділяються під час хімічної взаємодії компонентів композиції; 2) спінування за рахунок термічного, каталітичного, радіаційного і т.д. розкладання твердих газотворювачів, уведених до складу композиції. Фізичне спінування: 1) спінування в результаті розширення введеного в полімер інертного газу нагріванням матеріалу або скиданням підвищеного тиску, за якого мало місце насичення полімеру стисненим газом; 2) спінування

введенням газу в розчин, емульсію або дисперсію полімеру під час його механічного перемішування з наступним фіксуванням піни. Полімерна матриця для промислових марок поліетилену (ПЕ) при фізичному спінуванні є монолітною та складається з розривів суцільності за рахунок газових включень, розподілених по всьому об'єму матеріалу. Слід відмітити, що ПЕ розглядають як занадто м'який частково «наповнений» полімер, тому спінування рекомендують супроводжувати зшиванням. З урахуванням наявної в ВВПЕ гел'фракції (20–50 %) полімерна матриця є монолітною за рахунок не тільки газових включень, розподілених по всьому об'єму матеріалу, але позитивним фактором до цих властивостей можна додати часткове зшивання за рахунок участі у процесі спінування хаотично-розташованих часток гел'фракції [13].

Основним структурним елементом ВВПЕ спіненої пластмаси є ячейка, яка містить газ. Ячейки можуть бути у формі сфери, багатогранників, витягнутих капілярів тощо, з розмірами від декількох мікрон до декількох міліметрів. Властивості спінених вторинних полімерів, фізико-механічні, фізико-хімічні, теплофізичні і т.д., здебільшого залежать від способів первинної експлуатації виробів, і визначаються, в основному, утворенням газової фази в пінопласті при наявності структурних змін. Тому однією з найважливіших характеристик спінених пластмас є уявна густина та розміри ячеїстої структури.

Таким чином, для забезпечення якісних властивостей ВВПЕ та з метою розширення асортименту виробів з нього при максимальному економічному ефекті спінений матеріал повинен мати ячеїсту структуру з рівномірно розподіленими сферичними порами (рис. 1).



Рис. 1. Деякі різновиди виробів з вторинного спіненого поліетилену на об'єктах будівництва

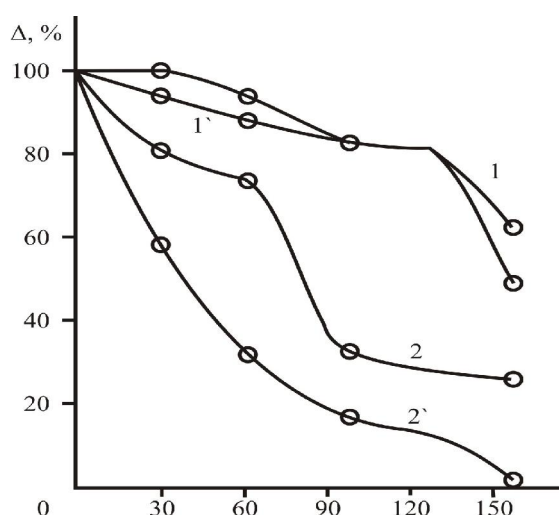
Викладання основного матеріалу досліджень. Актуальність даної роботи обумовлена новим підходом до проблеми утилізації-модифікації за рахунок синергетичних процесів та хімічних реакцій вторинних полімерів як частини ТПВ та нової полімерної сировини. Для прогнозування основних властивостей ВПЕ та визначення умов його експлуатації-працездатності (довговічність, міцність і термостійкість) необхідним є вивчення критеріїв оцінки якості спіненого вторинного полімеру, які визначають ці параметри. З урахуванням вивчених методів використання полімерних відходів, найбільш перспективним ресурсо- та енергозберігаючим методом є розроблений нами напрямок одержання й переробки вторинних полімерів з урахуванням можливостей синергії. Це дозволить розширити сировинну базу для виробництва виробів і підвищити ефективність використання сировини. Дослідження проводилися на основі вивчення властивостей відходів різного походження, їх нового складу й можливості організованого збору. У роботах [9, 11–13,17] представлена спроба наукового обґрунтування доцільності синергетичного модульного підходу до моделювання процесу переробки вторинного поліетилену (ВПЕ) у вироби шляхом хімічного

спінювання. Під модулями розуміються елементи: 1) вибору реагенту для спінювання та комплексу для активації з метою зниження температури спінювання; 2) визначення параметрів процесу спінювання при пресуванні та їх вплив на якість отриманих виробів; 3) додаткового зшивання при спінюванні з урахуванням кількості гельфракції у вторинному поліетилені; 4) визначення можливості проведення фізичного спінювання з метою значного розширення об'ємів випуску і т.і.

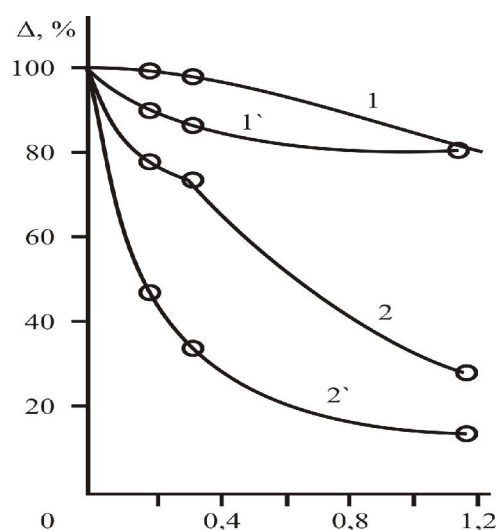
Модульний підхід дозволяє будувати моделі процесів підготовки розплаву полімеру як набір певної послідовності модулів, що з'єднуються відповідним чином умовами формування якості виробів. Цей набір модулів залежить від конструктивної схеми процесу формування виробів з ВПЕ. Потрібно зазначити, що поліетилен у процесі експлуатації набуває нових властивостей (табл. 1, визначена нами кількість киснеутримуючі групи: 1 – складноефірні, 2 – карбоксильні, 3 – гідроксильні; 4 – кількість гель-фракції; δ_p – руйнівне напруження при розтяганні; ε – відносне подовження при розриві, рис.2), які далі надають у процесах повторної переробки неізотермічність його розплаву.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика зміни властивостей поліетиленової плівки у процесі експлуатації

Місце експлуатації	Час експлуатації, діб	Визначена кількість, %				ММх10 ³	δ_p , МПа	ε , %
		1	2	3	4			
Харків	60	1,53	0,31	0,19	35,3	43	9,6	221
	120	0,19	1,15	0,44	34,8	18	9,4	182
Сочі	60	2,10	0,72	0,91	29,4	18,4	9,4	130
	120	–	1,28	1,21	40,8	14,2	9,3	212
Олайн	60	1,10	0,57	0,30	28,5	26,6	9,7	134
	120	0,04	0,90	0,61	39,4	18,1	9,5	151
Лівні	60	1,20	0,20	0,28	22,8	22,4	9,8	340
	120	0,03	1,10	1,26	29,7	18,3	9,5	300



а) тривалість експлуатації, діб



б) кількість карбоксильних груп, %

Рис. 2. Залежність фізико-механічних властивостей поліетиленової плівки (1, 2) та пресованих з неї зразків (1', 2') від тривалості експлуатації у літній період (а) і кількості карбоксильних груп (б): 1, 1' – руйнівне напруження при розтяганні; 2, 2' – відносне подовження при розриві.

Така ситуація створює неоднорідності процесів спінування для ВПЕ, що, наприклад, впливає на значення коефіцієнтів тертя при екструзії і, у свою чергу, впливає на характер розподілу сил тертя і весь процес подачі матеріалу. Фізико-механічні властивості поліетиленової плівки при експлуатації у літній період знижуються: руйнівне напруження при розтяганні (δ_p) за п'ять місяців – на 35 %, а відносне подовження при розриві (ε) змінює своє значення вже за два місяці і далі зберігає показники на досягнутому рівні (рис. 2а).

Найбільш суттєве зниження фізико-механічних властивостей корелює з визначеним перегрупуванням киснеутримуючих груп (рис. 2б). В осінній період експлуатації процеси окислення виражені не так різко, що проявляється у повільному зниженні ε , а для δ_p можна спостерігати навіть деяке зростання показників. Для зразків отриманих вальцюванням з подальшим пресуванням з означеної поліетиленової плівки (для фізико-механічних іспитів) структурні особливості змінилися: різко знижується ε – після двох місяців експлуатації на 160–180 %, а вже після третього – менше 100 %.

Теоретичний аналіз на основі проведеного експерименту сприяє появі нових обґрунтованих рішень для процесів спінування ВПЕ, які можна розглядати для вторинного поліетилену (спеціального здрібнення) у початковий період спінування як процеси у системі газ-тверде (Г–Т). Математичний опис швидкості (W_i) процесів для такої системи можна визначити за механізмами їх протікання (за умовами стаціонарності): дифузія газоподібних реагентів (ГР) для спінування до зовнішньої поверхні полімеру (1); дифузія ГР до наступного шару полімера – внутрішня дифузія (2); хімічна реакція (3):

$$W_1 = -dN_1 / dt = \beta \Delta C F_R = 4\pi R^2 \beta (C_1 - C_R) \quad (1)$$

$$W_2 = -dN_2 / dt = D dC_2 / dr F_r = 4\pi r^2 D dC_2 / dr \quad (2)$$

$$W_3 = -dN_3 / dt = k_f C_{Af} F_f = 4\pi r_f^2 k_f C_{Af} \quad (3)$$

де: N_i – кількість молей ГР; t – час процесу; β – коефіцієнт масопереносу; ΔC – рушійна сила процесу, градієнт концентрацій; F_R , F_r – відповідно зовнішня та внутрішня поверхня дифузії для частки ВПЕ; R , r – відповідно радіус зовнішньої та внутрішньої поверхні дифузії для частки ВПЕ; k_f – поверхнева константа швидкості реакції; F_f – поверхня фронту хімічної реакції.

При розгляді закону Генрі у випадку спінування ВПЕ (основна стадія спінування) процеси можна розглядати для системі газ-рідина (Г–Р) прийнято, що будь-який газ має здатність тією чи іншою мірою розчинятися в рідині (розплаві полімеру). Відповідно до закону Генрі (можна використовувати для ідеальних розчинів і невисоких тисків), кількість

газу, здатного розчинитися, залежить від природи рідини і газу і від зовнішніх умов (тиску, температури).

Розчинність газів в «рідина-розплаві полімеру» (С) приблизно можна описати законом Генрі (3):

$$C = K_0 \exp(-Q / RT) P_n \quad (3)$$

де K_0 – константа, що залежить від природи рідини і газу, Q – теплота розчинення, T – температура, P_n – зовнішній тиск.

Зменшити розчинність газу в рідині можна підвищенням температури або зниженням тиску. Тому отримати пересичений розчин газу в полімері можна: за рахунок підвищення температури, за рахунок зниження тиску, або через виділення (введення) додаткової кількості газу хімічного газоутворювача. Вибір способу створення пересиченого розчину газу в полімері залежить від методу і технології спінування; часто вдаються до спільного використання цих способів.

При спінуванні ВПЕ газом, що виділяється в полімері, процес формування газових ячеек можна умовно розділити на наступні стадії, які, в основному протікають за паралельними реакціями: 1) розчинення в полімері газу, що виділяється або вводиться ззовні; 2) утворення перенасиченого розчину газу в полімері; 3) зародження часток нової газової фази; 4) зростання частинок газової фази; 5) фіксація отриманої піни.

Крім того, всі газонаповнені полімери поділяють за ступенем спінування або по удаваному питомій вазі. Розрізняють 5 категорій: 1) найлегші ($3 \div 50$ кг/м³), 2) легкі ($50 \div 150$ кг/м³), 3) середні ($150 \div 400$ кг / м³), 4) важкі ($400 \div 700$ кг/м³), 5) надважкі (700 і більше кг/м³). Ступінь спінування для ВВПЕ визначає основні його властивості, такі як, наприклад фізико-механічні характеристики і їх цільові властивості, такі як, тепло- та звукоізоляційні (теплопровідність спіненого ПЕ знижується зі збільшенням ступеня спінування).

Основними структурними параметрами ВВПЕ, що визначають його властивості, є такі характеристики: об'ємна частка газової фази в композиті або ступінь спінування; кількість газових ячеек (осередків) в одиниці об'єму; розмір (діаметр) газової ячейки; частка відкритих ячеек або безперервність газової фази. Розмір ячеек спінених полімерів досить суттєво впливає на їх властивості: зі зменшенням розміру бульбашок газової фази (тобто з збільшення їх кількості в одиниці об'єму) міцність помітно підвищується і зростає величина граничної деформації при розриві.

Для розробки процесу спінування вторинного поліетилену, отриманого на основі об'єкта дослідження – поліетиленової плівки (табл. 2), тривалої експлуатації, використовували методи повного факторного експерименту (ПФЕ).

Досліджували **кількість утворених ячеек на 1 см² перетину зрізу ВВПЕ**, прийняте в якості

вихідного параметра Y (%). ВВПЕ (ОСТ 63–786–72) додатково контролювали за кількістю геліфракції, карбонільних, карбоксильних і складноєфірних груп.

У якості ГР використовували азодикарбонамід (ЧХЗ-21), до складу комплексу з активації процесу спінювання входить оксид цинку, стеаринова кислота та стеарат кальцію.

Таблиця 2. ПФЕ для функцій відклику

№	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Y
1	+	+	+	+	+	+	+	+	3800
2	+	-	+	+	-	-	+	-	3200
3	+	+	-	+	-	+	-	-	3400
4	+	-	-	+	+	-	-	+	2900
5	+	+	+	-	+	-	-	-	3400
6	+	-	+	-	-	+	-	+	3000
7	+	+	-	-	-	-	+	+	2300
8	+	-	-	-	+	+	+	-	1900

Фактори (табл. 2) були параметри проведення процесу спінювання: X_1 – кількість комплексу для активації, %; X_2 – температура спінювання, °C; X_3 – час витримки при температурі спінювання, хв. Вихідні дані: $X_{10}=3$; $X_{20}=170$; $X_{30}=15$; $\Delta X_1=1$; $\Delta X_2=10$; $\Delta X_3=5$.

Для першої функції відгук описує лінійна модель (1.1):

$$Y_1 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3, \quad (1.1)$$

Параметри лінійної моделі та їх довірчі інтервали представлені в таблиці 3.

Таблиця 3. Параметри лінійної моделі та їх довірчі інтервали

Параметр	Нижня границя	Значення	Верхня границя
b_0	2720,9215	2987,5	3254,0785
b_1	-29,0785	237,5	504,0785
b_2	95,9215	362,5	629,0785
b_3	70,9215	337,5	604,0785

З довірною ймовірністю 95% довірні інтервали для b_1 , b_2 , b_3 охоплюють нуль. Уточнена математична модель (1.2) має вигляд:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3, \quad (1.2)$$

має такі параметри та довірні інтервали (табл. 4):

Таблиця 4. Параметри уточненої моделі та довірні інтервали для них

параметр	нижня границя	значення	верхня границя
b_0	2828,6724	2987,5	3146,3276
b_1	78,6724	237,5	396,3276
b_2	203,6724	362,5	521,3276
b_3	178,6724	337,5	496,3276
b_4	-146,3276	12,5	171,3276
b_5	-121,3276	37,5	196,3276
b_6	-346,3276	-187,5	-28,6724

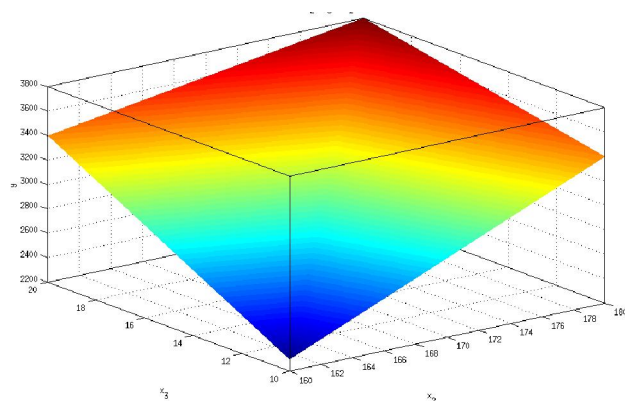
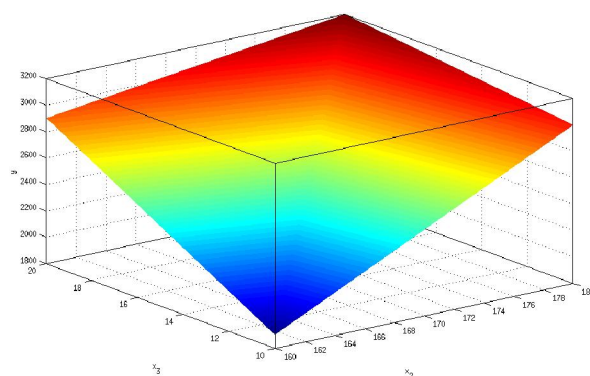
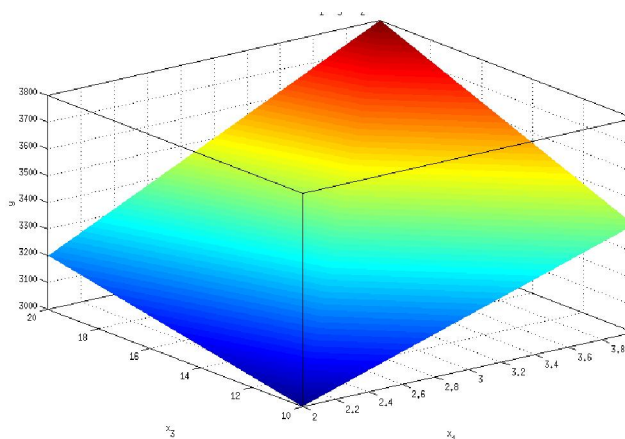
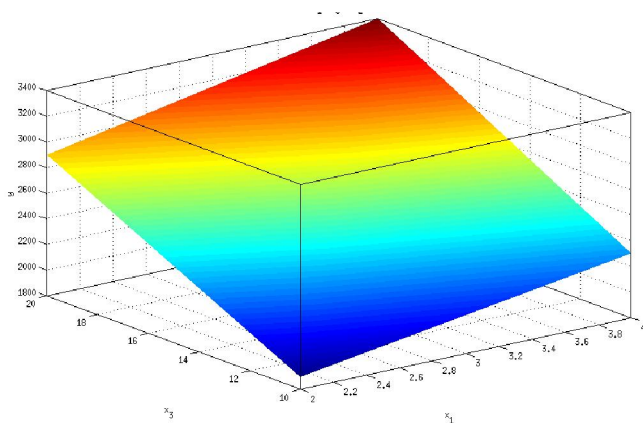
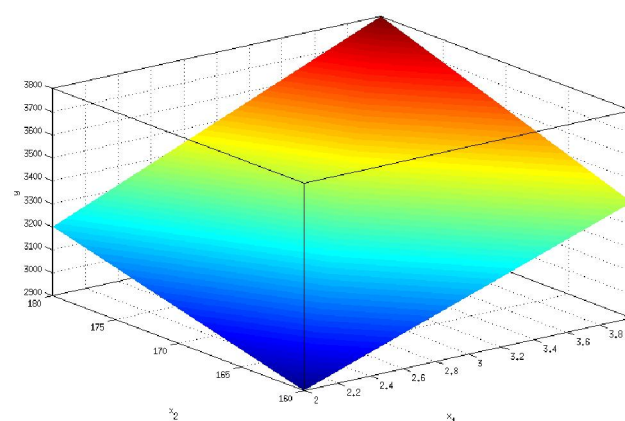
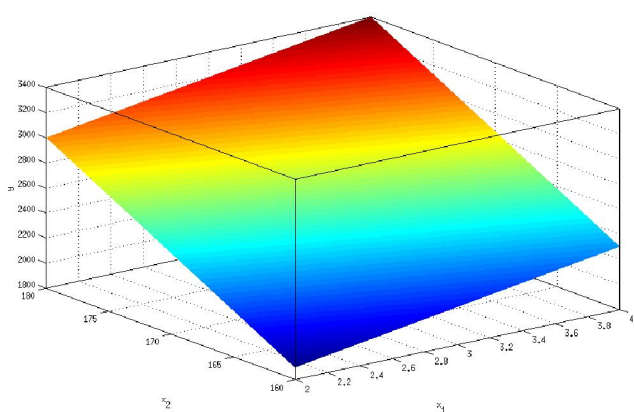
Долучення для дослідження ще однієї, восьмої базисної функції $x_1x_2x_3$, перетворює задачу на інтерполяційну: функція відгуку Y буде точним аналітичним виразом (1.3):

$$Y = 2987,5 + 237,5x_1 + 362,5x_2 + 337,5x_3 + 12,5x_1x_2 + 37,5x_1x_3 - 187,5x_2x_3 + 12,5x_1x_2x_3, \quad (1.3)$$

Слід відмітити відсутність довірних інтервалів у цьому випадку розрахунків.

На рисунках 3–5 показані досліджені нами двовимірні перерізи функції відгуку при сталому

(мінімальному або максимальному) значенні однієї якоїсь змінної. При цьому оптимальний набір параметрів переробки (спінювання) ВПЕ буде обумовлений координатами площини для різновидів дослідження: $Y = f(X_2X_3)$ (рис. 3), відповідно праворуч при $X_1=2$ і ліворуч – $X_1=4$; $Y = f(X_1X_3)$ (рис. 4), відповідно праворуч при $X_2=160$ і ліворуч – $X_2=180$; де $Y = f(X_1X_2)$ (рис. 5), відповідно праворуч при $X_3=10$ і ліворуч – $X_3=20$.

Рис. 3. Моделі впливу параметрів спінування X_1 для функції відгуку Y .Рис. 4. Моделі впливу параметрів спінування X_2 для функції відгуку Y .Рис. 5. Моделі впливу параметрів спінування X_3 для функції відгуку Y .

Для подальшого дослідження контролювали об'єм газової фази у процесі отримання ВВПЕ, прийнятий в якості вихідного параметра Y (%).

Фактори (табл. 5) були параметри проведення процесу спінування: X_1 – кількість комплексу для активації, %; X_2 – температура спінування, °C; X_3 –

час витримки при температурі спінювання, хв. 10; $\Delta X_3 = 5$.
 Вихідні дані: $X_{10} = 3$; $X_{20} = 170$; $X_{30} = 15$; $\Delta X_1 = 1$; $\Delta X_2 =$

Таблиця 5. ПФЕ для функцій відклику

№	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Y
1	+	+	+	+	+	+	+	+	59,4
2	+	-	+	+	-	-	+	-	53,6
3	+	+	-	+	-	+	-	-	66,1
4	+	-	-	+	+	-	-	+	38,3
5	+	+	+	-	+	-	-	-	57,56
6	+	-	+	-	-	+	-	+	38,15
7	+	+	-	-	-	-	+	+	22,89
8	+	-	-	-	+	+	+	-	23,24

Таблиця 6. Параметри лінійної моделі та їх довірчі інтервали

Параметр	Нижня границя	Значення	Верхня границя
b_0	34,4361	44,9050	55,3739
b_1	-3,8864	6,5825	17,0514
b_2	-3,1964	7,2725	17,7414
b_3	-1,0239	9,4450	19,9139

Для першої функції при означених вище умовах проведення експерименту, відгук функції описує лінійна модель (1.1). Параметри лінійної моделі та їх довірчі інтервали представлені в таблиці 6.

З довірною ймовірністю 95% довірні інтервали для b_1 , b_2 , b_3 охоплюють нуль.

Уточнена математична модель має вигляд (2.2) та має такі параметри та довірні інтервали (табл. 7).

На рисунках 6–8 показані досліджені нами двовимірні перерізи функції відгуку при сталому (мінімальному або максимальному) значенні однієї якоїсь змінної. Слід відмітити відсутність довірних інтервалів у цьому випадку розрахунків. Долучення для дослідження ще однієї, восьмої базисної функції $x_1x_2x_3$, перетворює задачу на інтерполяційну: функція відгуку Y буде точним аналітичним виразом (2.4):

$$Y = 44,9050 + 6,5825x_1 + 7,2725x_2 + 9,4450x_3 - 0,2800x_1x_2 + 1,8175x_1x_3 - 5,1225x_2x_3 - 5,2200x_1x_2x_3 \quad (2.4)$$

Оптимальний набір параметрів переробки (спінювання) ВПЕ буде обумовлений координатами

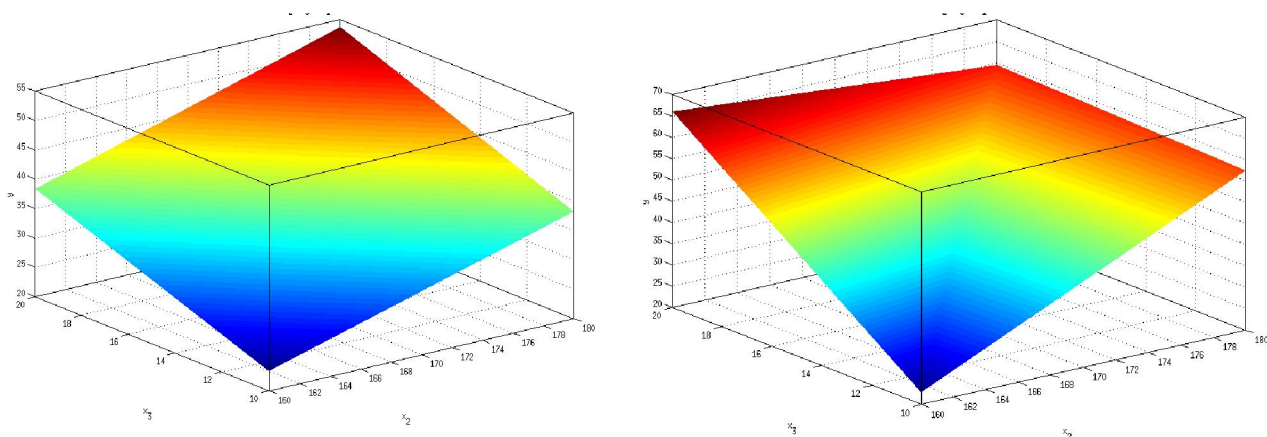
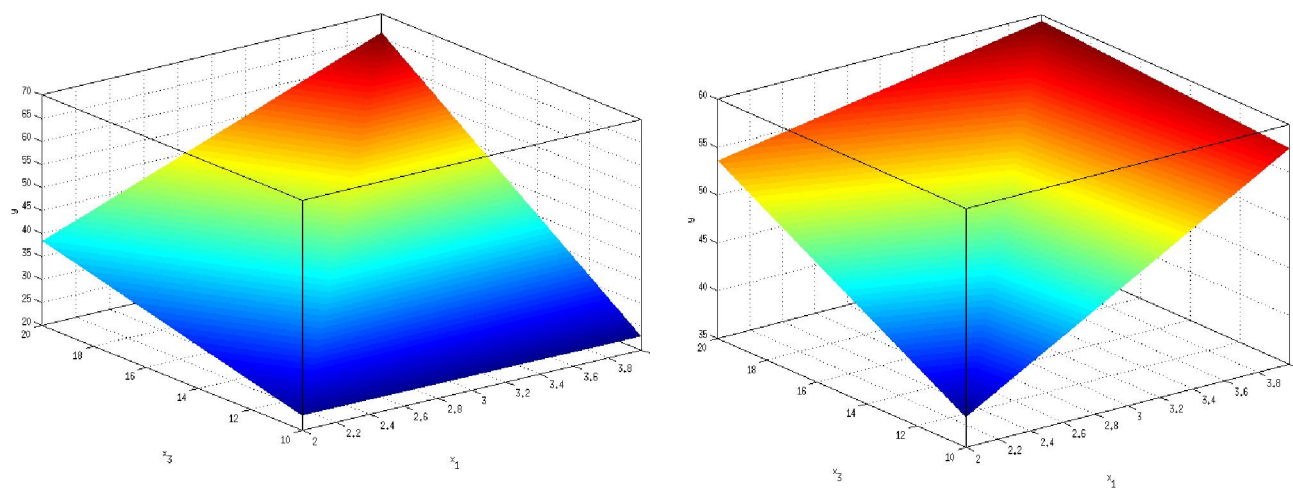
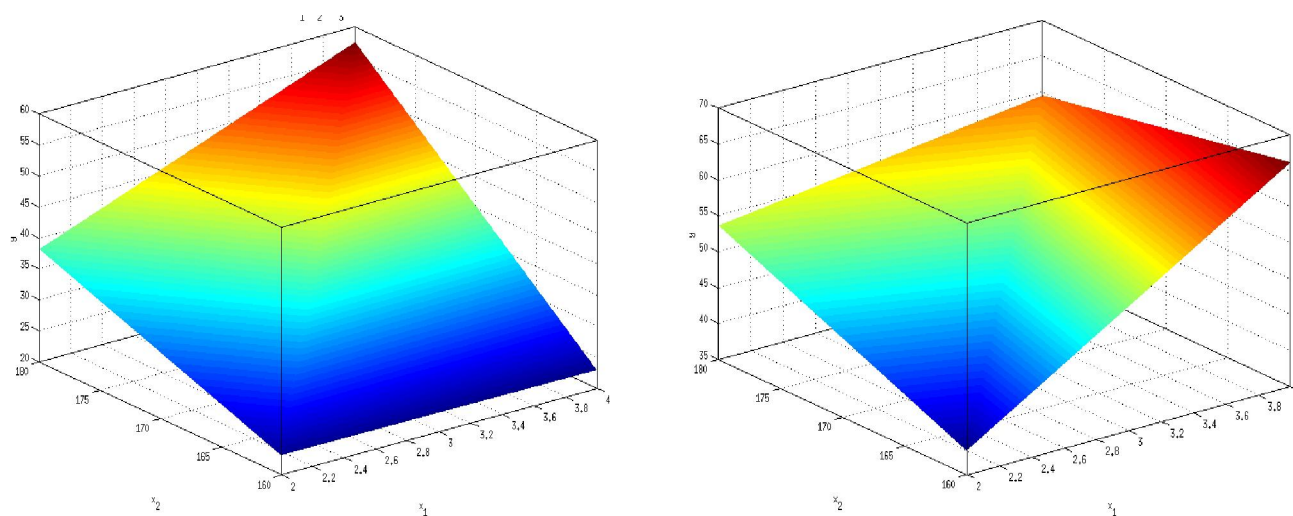
дослідженої площини: $Y = f(X_2X_3)$ (рис. 6), відповідно праворуч при $X_1 = 2$ і ліворуч – $X_1 = 4$; $Y = f(X_1X_3)$ (рис. 7), відповідно праворуч при $X_2 = 160$ і ліворуч – $X_2 = 180$; де $Y = f(X_1X_2)$ (рис. 8), відповідно праворуч при $X_3 = 10$ і ліворуч – $X_3 = 20$.

З метою розширення ресурсів ВПЕ як сировини для спінювання досліджено вплив кількості гелфракції (38,5; 55,0; 60,0; 70,0 %) на властивості отриманого ВВПЕ.

Усі зразки ВПЕ спінювали при однакових умовах: кількість спінювача – 2%; температура спінювання – 180 °С, тривалість витримки 20 хв. (табл. 8: φ – об'єм газової фази; ρ – щільність ВВПЕ; n – кількість ячеек на 1 см²; $\bar{D}$ – середній діаметр ячеек; δ_p – руйнівне напруження при розтяганні; ε – відносне подовження при розриві).

Таблиця 7. Параметри уточненої моделі та довірні інтервали для них

параметр	нижня границя	значення	верхня границя
b_0	-21,4214	44,9050	111,2314
b_1	-59,7439	6,5825	72,9089
b_2	-59,0539	7,2725	73,5989
b_3	-56,8814	9,4450	75,7714
b_4	-66,6064	-0,2800	66,0464
b_5	-64,5089	1,8175	68,1439
b_6	-71,4489	-5,1225	61,2039

Рис. 6. Моделі впливу параметрів спінування X_1 для функції відгуку Y .Рис. 7. Моделі впливу параметрів спінування X_2 для функції відгуку Y .Рис. 8. Моделі впливу параметрів спінування X_3 для функції відгуку Y .

Таблиця 8. Залежність властивостей ВВПЕ від кількості гельфракції у ВПЕ

Кількість гельфракції	ρ , кг/м ³	χ , %	δ_p , МПа	ε , %	n	$\bar{D} \cdot 10^2$, см
38,5	0,096	57	12,0	155	3200	1,79
55,0	0,101	–	17,1	102	5100	1,46
60,0	0,122	–	21,6	110	6200	1,32
70,0	ВВПЕ має нерівномірну структуру					

Перенасичений розчин (розплав) для утворення ВВПЕ термодинамічно нестійкий і має більшу, у порівнянні зі спінюванням ПЕ, схильність до розпаду на фази у зв'язку зі змінами властивостей ПЕ у процесах експлуатації та ідентифікації-класифікації. Але виділення газової фази починається типово для таких процесів – з зародкоутворення. Наприклад, для зародження газової фази необхідно, щоб концентрація розчиненого газу в полімері перевищувала на певну величину його рівноважну концентрацію. Необхідна для цього ступінь перенасиченості розчину виражається внутрішнім тиском системи.

У свою чергу, внутрішній тиск перенасиченого газу в системі – це тиск, до якого необхідно стиснути перенасичений газ розчину для його переходу в рівноважний стан. Необхідна для виділення газової фази ступінь перенасичення рідини (у нашому випадку полімеру ВПЕ) газом зростає зі збільшенням модуля пружності і поверхневого натягу рідини.

Модуль зсуву полімеру пропорційний його в'язкості. Тому для спінювання ВПЕ перенасиченість розчину повинна бути тим вище, чим більше в'язкість полімерного середовища і її поверхневий натяг. У високов'язких або твердих полімерах навіть дуже високе перенасичення полімеру газом не призводить до утворення газової фази. У цьому випадку газ поступово випаровується з полімеру через зовнішню поверхню виробу за рахунок дифузії.

У низьков'язких середовищах вторинних полімерів виділення газу відбувається при невеликому їх перенасиченні. Джерелом зародків газової фази можуть бути тверді включення (наприклад, гельфракція для ВПЕ), перегріті місця в полімері і т.і.

При відсутності джерел зародкоутворення або їх малій кількості може статися багаторазове перенасичення полімеру газом, що є малоймовірним процесом, наприклад, для дослідженого нами ВПЕ [17–19].

Кількість утворених газових бульбашок визначає, в основному, концентрація утворювача зародків і ступінь перенасиченості розчину. Чим вище концентрація утворювача зародків і ступінь перенасиченості розчину, тим більше утворюється бульбашок в одиниці об'єму композиції.

Отже, для отримання дрібнопористої структури пінопласту необхідно вводити утворювачі зародків, які у ВПЕ присутні у невеликій кількості, а також треба враховувати наявність киснеутримуючих груп, які надають можливості для проведення

синергетичних процесів утилізації-модифікації.

Такими утворювачами зародків можуть бути також деякі високодисперсні наповнювачі, включення речовин, що розкладаються з виділенням тепла (перекиси, газоутворювачі, фотоініціатори) та мають різноманітний вплив на вторинні полімери.

Якщо зародками газової фази є частинки утворювача зародків, то для отримання дрібнопористої структури необхідно так відрегулювати технологічні параметри технологічного процесу переробки вторинної сировини, щоб ці частинки до моменту спінювання ще не встигли повністю розкластися.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

В даній роботі подовжена вперше запропонована нами [2–7, 9–14] науково-обґрунтована ідентифікація-класифікація, утилізація-модифікація та кінцева спрямована газифікація полімерної частки ТПВ у вигляді комплексу інноваційних проектів підприємства, спроможного самостійно виробляти енергоресурси. З метою досягнення цих цілей, а також запобігання забруднення навколишнього середовища мільйонами тон полімерних відходів необхідно вирішувати й одно з основних питань цієї проблеми – вибір методів спрямованої утилізації-модифікації для поліпшення якості вторинної полімерної сировини за допомогою методів математичного моделювання.

Наша робота також спрямована на вибір науково-обґрунтованих методів комплексної синергетичної утилізації-модифікації, переробці й кінцевій утилізації полімерних відходів різного походження й строку експлуатації разом з іншими видами відходів. Це дозволить знизити, насамперед, загальну кількість відходів, що підлягають похованню на смітниках або забруднюючих навколишнє середовище шкідливими викидами. Такий підхід дозволить використовувати ресурсний потенціал цих видів відходів, а також створить передумови для дотримання нормативно-правових, санітарно-екологічних, економічних і організаційних аспектів проблеми керування відходами в цілому

Таким чином, у результаті подовження роботи за вищевказаними напрямками, досягнуті наступні результати:

1) основна мета представленої розробки – визначення нових властивостей полімерної частки ТПВ, освоєння нових технологій ВПЕ з організації, виконання та упровадження комплексного інноваційного проектування для забезпечення повної синергетичної утилізації-модифікації ТПВ з

урахуванням дослідження та аналізу літературних даних про можливість спінювання ВПЕ без одночасного зшивання хімічними реагентами;

2) за результатами дослідження встановлено механізми «старіння» ПЕ під дією натурних умов експлуатації: встановлена залежність утворення кисневмісних груп від терміну та регіону експлуатації; досліджена кінетика набухання ВПЕ і показано зв'язок коефіцієнтів кінетичних рівнянь з вмістом гелфракції;

3) визначено ієрархію лімітуючих рівней на основі дослідження синергетичних властивостей ВПЕ та методології його утилізації-модифікації з метою підвищення енергоефективності утилізації полімерної частки ТПВ;

4) розроблено деякі режимно-технологічні параметри виробництва ВВПЕ у вигляді виробів плит

та блоків рекомендовано та досліджено хімічне спінювання при пресуванні;

5) для виробництва ВВПЕ у вигляді погонажних виробів рекомендовано фізичне спінювання, газоподібний реагент для спінювання – азот;

6) досліджено вплив кількості гелфракції у ВПЕ на характер та властивості отриманого з нього ВВПЕ; встановлено, що зі зростанням кількості гелфракції вище за 50% погіршується уявна щільність і структура ВВПЕ;

7) запропоновано продовжити роботи з наукового обґрунтування вибору синергетичних процесів екологічно-безпечної утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ, які будуть направлені на дослідження методів та технологій подібних до хімічного спінювання ВПЕ з метою розширення галузей використання нової великотоннажної полімерної сировини.

Список литературы

1. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). Підручник з грифом МОН / Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Ольховська О.І. та ін. – К.: «Центр учбової літератури», 2016. – 468 с.
2. Бухкало С.І. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов / С.И. Бухкало, С.Е. Гардер, О.Ю. Химич и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 73–78.
3. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховська О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А. В. Сериков, О.И. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160–166.
4. Бухкало С.І., Ольховська О.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. – Х. :НТУ «ХП». № 7 (1116), с. 103–108.
5. Бухкало С.І. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки. Интегрированные технологии и энергосбережение. 2005. № 2, с. 29–33.
6. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховська О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 72–80.
7. Бухкало С.І. Анализ эколого-правовой базы комплексной утилизации отходов полимеров / С.И. Бухкало, Н.Н. Зипунников, О.И. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 140–145.
8. Товажнянський Л.Л., Кошелева М.К., Бухкало С.І. Общая химическая технология в примерах, задачах, лабораторных работах и тестах (уч. пособие) / Москва ИНФРА-М, 2015. С. 447.
9. Бухкало С.І., Ігліні С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів / Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХП». 2016. – № 3. – с.52–57. 10. Бухкало С.І. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХП», 2001, № 2, с. 106–112.
11. Бухкало С.І. Інноваційні технології використання відходів. 4-й міжн. конгрес Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 21–23 вересня 2016 р., Львів. 2016. – с. 111.
12. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.А., Хавин Г.І. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение. Уч. пособие. – Х.: НТУ «ХП». 2005. – 460 с.
13. Бухкало С.І. Изменение свойств в процессе эксплуатации пленки и направления модификация вторичного полиэтилена: дис. канд. техн. наук: 25.01.88 / Бухкало Светлана Ивановна. – М., 1988. – 150 с.
14. Бухкало С.І. Выбор направлений и разработка технологических процессов переработки вторичного полиэтиленового и лавсанового сырья: промежуточный отчет: № 827341, 21.02.80. – Х., 1979. – 96 с.
15. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. Київ «Центр учбової літератури»: 2014, 456 с.
16. Бухкало С.І. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХП». 2014. – № 4. – с. 29–33.
17. Бухкало С.І. Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ТПВ // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2016. – № 19 (1191). – с. 23–32.
18. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017. // За ред. проф. Сокола Є.І. Ч.ІІІ, – Х.: НТУ «ХП», с. 14.
19. Бухкало С.І. Комплексна екологічно-інформаційна безпека проектів підприємства / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017. // За ред. проф. Сокола Є.І. Ч.ІІІ, – Х.: НТУ «ХП», с. 15.
20. Бухкало С.І. Технології ресурсо- та енергозбереження для полімерної тари та пакування / Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентноздатності. Матеріали V міжн. спеціалізованої науково-практичної конференції. 14 вересня 2016 р., – Київ. – К. НУХТ, 2016. – с. 21-23.
21. Берлин А.А., Шутков Ф.А. Пенополимеры на основе реакционноспособных олигомеров / М., 1978, 276 с.

Bibliography (transliterated)

1. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). Pidručnik z grifom MON / Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Ol'hov's'ka O.I. ta in. – K.: «Centr uchbovoї literaturi», 2016. – 468 p.
2. Bukhhalo S.I. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predpriyatij po pererabotke othodov / S.I. Bukhhalo, S.E. Garder, O.Ju. Himich i dr. // Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2012. – № 10. – p. 73–78.
3. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernykh othodov kak komplekse innovacionnykh proektov / S.I. Bukhhalo, A. V. Serikov, O.I. Ol'hovskaja i dr. // Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2012. – № 10. – p. 160–166.
4. Bukhhalo S.I., Ol'hov's'ka O.I. Osnovni skladovi kompleksnyh pidpriemstv energetichnogo miks. Visnik NTU «HPI». 2015. – H.: NTU «HPI». № 7 (1116), p. 103–108.
5. Bukhhalo S.I. K voprosu jenergosberezhenija processa aglomerirovanija polimernoj upakovki. Integrirovannye tehnologii i jenergosberezhenie. 2005. № 2, p. 29–33.
6. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2011. – № 21. – p. 72–80.
7. Bukhhalo S.I. Analiz jekologo-pravovoj bazy kompleksnoj utilizacii othodov polimerov / S.I. Bukhhalo, N.N. Zipunnikov, O.I. Ol'hovskaja i dr. // Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2011. – № 21. – p. 140–145.
8. Tovazhnjanskij L.L., Kosheleva M.K., Bukhhalo S.I. Obshhaja himicheskaja tehnologija v primerah, zadachah, laboratornyh rabotah i testah (uch. posobie) / Moskva INFRA-M, 2015. P. 447.
9. Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnyh zmin pri ekspluatácii polimernih virobiv / Integrovani tehnologii ta energozberezhenja. – H.: NTU «HPI». 2016. – № 3. – p. 52–57.
10. Bukhhalo S.I. Resursosberegajushhie tehnologii ispol'zovaniya polimernykh othodov. Integrovani tehnologii ta energozberezhenja. H.: NTU «HPI», 2001, № 2, p. 106–112.
11. Bukhhalo S.I. Innovacijni tehnologii vikoristannja vidhodiv. 4-j mizhn. kongres Stalij rozvitok: zahist navkolishn'ogo seredovishha. Energooshhadnist'. Zbalansovane prirodokoristuvannja, 21–23 veresnja 2016 r., L'viv. 2016. – p. 111.
12. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.A., Khavin G.L. Osnovnye tehnologii pishhevyykh proizvodstv i jenergosberezhenie. Uch. posobie. – Khr. NTU «Khpi». 2005. – 460 p.
13. Bukhhalo S.I. Izmenenie svojstv v processe jekspluatacii plenki i napravlenija modifikacija vtorichnogo polijetilena: dis. kand. tehn. nauk: 25.01.88 / Bukhhalo Svetlana Ivanovna. – M., 1988. – 150 p.
14. Bukhhalo S.I. Vybory napravlenij i razrabotka tehnologicheskikh processov pererabotki vtorichnogo polijetilenovogo i lavsanovogo syr'ja: promezhutochnyj otchet: № 827341, 21.02.80. – H., 1979. – 96 p.
15. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidručnik. Kіiv «Centr uchbovoї literaturi»: 2014, 456 p.
16. Bukhhalo S.I. Dejaki vlastivosti polimernih vidhodiv u jakosti sirovini dlja energo- i resursozberigajuchih procesiv // Integrovani tehnologii ta energozberezhenja. – H.: NTU «HPI». 2014. – № 4. – p. 29–33.
17. Bukhhalo S.I. Modeli energetichnogo miks dlja utilizacii polimernoi chastki TPV // Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2016. – № 19 (1191). – p. 23–32.
18. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva / Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHV mizhn. n/prakt. konf. MicroCAD-2017, 17-19 travnja 2017 // Za red. prof. Sokola Є.І. Ch.III, – H.: NTU «HPI», p. 14.
19. Bukhhalo S.I. Kompleksna ekologichno-informacijna bezpeka proektiv pidpriemstva / Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHV mizhn. n/prakt. konf. MicroCAD-2017, 17-19 travnja 2017 // Za red. prof. Sokola Є.І. Ch.III, – H.: NTU «HPI», p. 15.
20. Bukhhalo S.I. Tehnologii resurso- ta energozberezhenja dlja polimernoi tari ta pakuvannja / Resurso- ta energooshhadni tehnologii virobnictva i pakuvannja harchovoї produkції – osnovni zasadi її konkurentnozdatnosti. Materiali V mizhn. specializovanoi naukovo-praktichnoi konferencii. 14 veresnja 2016 r., – Kіiv. – K. NUHT, 2016. – p. 21-23.
21. Berlin A.A., Shutov F.A. Penopolimery na osnove reakcionnosposobnykh oligomerov / M., 1978, 276 p.

Надійшла (received) 23.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Деякі моделі процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену / С. І. Бухкало // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 35–45. – Бібліогр.: 21 назв. – ISSN 2220-4784.

Некоторые модели процессов химического вспенивания вторичного полиэтилена / С. И. Бухкало // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 35–45. – Бібліогр.: 21 назв. – ISSN 2220-4784.

Some models of the process chemical foaming secondary polyethylene / S. I. Bukhhalo // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18 (1240). – p. 35–45. Bibliog.: 21 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Світлана Іванівна – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Bukhhalo Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

УДК 66.012.45:664.1.048

Т. Г. БАБАК, О. А. ГОЛУБКИНА, Д. С. КОРОЛЬ, Е. Д. ПОНОМАРЕНКО**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТАНЦИИ УПАРИВАНИЯ САХАРНОГО СИРОПА**

Проведено аналіз сучасних засобів енергозбереження в процесах багатокорпусного випарювання. Зроблено екстракцію даних випарної станції концентрування цукрового сиропу та виявлено недоліки в організації рекуперації енергії потоків системи. За допомогою технологій пінч-аналізу було проведено реконструкцію існуючої технологічної схеми: для економічно обґрунтованого значення $\Delta T_{\min}$ сплановано мережу теплообмінників, що забезпечують максимально можливу рекуперацію енергії в системі. Розраховано параметри теплообмінного обладнання.

Ключові слова: випарна станція, пінч-аналіз, складові криві, сіткова діаграма, пластинчаті теплообмінники.

Проведен анализ современных подходов к энергосбережению в процессах многокорпусного выпаривания. Произведена экстракция данных выпарной станции концентрирования сахарного сиропа и выявлены недостатки в организации рекуперации энергии потоков системы. С помощью технологий пинч-анализа была проведена реконструкция существующей технологической схемы: для экономически обоснованного значения $\Delta T_{\min}$ спланирована сеть теплообменников, обеспечивающая максимально возможную рекуперацию энергии в системе. Рассчитаны параметры теплообменного оборудования.

Ключевые слова: выпарная станция, пинч-анализ, составные кривые, сеточная диаграмма, пластинчатые теплообменники.

The analysis of modern approaches to energy saving in multicase evaporation was carried out. Extraction of data of sugar syrup evaporation plant was made and shortcomings of the organization of system streams energy recovery were revealed. By means of the pinch-analysis technologies the reconstruction of the existing technological scheme was carried out: for economically reasonable $\Delta T_{\min}$ value the network of heat exchangers providing the greatest possible energy recovery in system was designed. Parameters of the heat exchange equipment were calculated.

Keywords: evaporation plant, pinch-analysis, composite curves, grid diagram, plate heat exchangers.

Вступлення.

Важнейшей составляющей тепловой схемы получения сахара является выпарная установка, предназначенная для концентрирования сахарного раствора. От качественного функционирования многокорпусной выпарной установки во многом зависит энергоэффективность работы всего производства в целом.

Главной задачей при проектировании и эксплуатации выпарной станции, включающей в себя также систему подогревателей предварительного подогрева сиропа перед выпариванием, является максимально возможное использование рекуперации и теплоты конденсирующихся паров.

Рациональное проектирование тепловой схемы выпаривания во многом определяет себестоимость производства сахара, является актуальным и имеет большую практическую ценность.

Современные подходы к энергосбережению в процессах многокорпусного выпаривания.

Оценить процесс выпаривания, с точки зрения энергосбережения, можно, например, исходя из обобщенной функции Харингтона [1]. Однако такой подход является скорее технико-экономической оценкой существующего проектного решения. Одним из наиболее эффективных методов снижения потребления энергии при выпаривании в сахарной промышленности является тепловая интеграция выпарной установки [2, 3].

Процесс выпаривания при производстве сахара является наиболее энергоемким, и, несмотря на свою изученность, продолжает оставаться главным объектом исследований с точки зрения энергосбережения. В настоящее время имеется ряд успешных исследований в этом направлении [4,5], в

которых рассмотрено влияние распределения потребителей тепла и эффекта самоиспарения сиропа на расход ретурного пара. Предложено математическое описание распределения с учетом самоиспарения на основе технико-экономического анализа работы выпарной установки. Вопросы, связанные с энергосбережением при выпаривании растворов рассмотрены в работе [6] с точки зрения выбора рациональной поверхности теплопередачи для выпарных аппаратов различных типов.

Отоков равна 91,1 усилился поток публикаций различных авторов по использованию мембранных технологий взамен испарительной концентрации [7,8]. Однако практика показывает, что применение обратного осмоса дает возможность реализовать предварительную концентрацию сахарного сиропа, а для окончательного сгущения необходимо использовать выпарную установку. Представленные расчеты показали, что предварительная двухступенчатая концентрация в мембранных аппаратах позволяет существенно сэкономить энергию, идущую на выпаривание. Однако открытым остается вопрос о капитальных затратах на реализацию этой технологии и затраты на эксплуатацию мембран в течение сезона сахароварения.

Большое значение также придается энергосбережению при выпаривании сахарного сиропа с точки зрения не только снижения затрат ретурного пара, но уменьшению выбросов углекислого газа [9].

С точки зрения увеличения эффективности энергосбережения большое внимание уделяется решению проблем качественного управления процессом выпаривания на основе управляющих

© Т. Г. Бабак, О. А. Голубкина, Д. С. Король, Е. Д. Пономаренко, 2017

алгоритмов [10]. Однако главными направлениями, с которым связаны возможности энергосбережения при многокорпусном концентрировании сахарного сиропа, являются организация максимальной рекуперации тепловой энергии, внедрение нового более эффективного оборудования или модернизация уже имеющегося.

Целью работы является модернизация схемы выпарной станции концентрирования сахарного сиропа за счет интеграции тепловых потоков на основе принципов пинч-анализа и использования современного теплообменного оборудования для повышения энергоэффективности работы станции.

Обследование выпарной станции и выявление недостатков в организации рекуперации тепловой энергии.

Обследуемая выпарная станция представлена на рис. 1. Упаривание сахарного сиропа с исходной массовой концентрацией 15% происходит в пяти выпарных корпусах, первые два из которых работают под давлением, а следующие три – под разрежением. На выходе получается сироп с массовой концентрацией 51%. В качестве греющего агента в первом выпарном аппарате используется ретурный пар с температурой 140 °С, а в остальных – вторичные пары предыдущего корпуса.

Для подогрева исходного сиропа до температуры кипения в первом выпарном аппарате используются четыре рекуперативных теплообменника и подогреватель ретурным паром П. Греющими агентами являются: смесь конденсатов греющих паров со второго по пятый корпус в теплообменнике Т1, экстрапар четвертого корпуса в теплообменнике Т2, экстрапар третьего корпуса в теплообменнике Т3, конденсат ретурного пара из первого корпуса в теплообменнике Т4. Теплообменники Т1-Т4 и подогреватель П расположены последовательно, что является традиционным для организации рекуперации в многокорпусных станциях выпаривания.

Конденсат из Т4 возвращается на ТЭЦ, а конденсат экстрапаров третьего и четвертого корпусов и частично охлажденная смесь конденсатов со второго по пятый корпус используются для подогрева технической воды. Вторичные пары пятого корпуса конденсируются и доохлаждаются в барометрическом конденсаторе, то есть их энергия не используется.

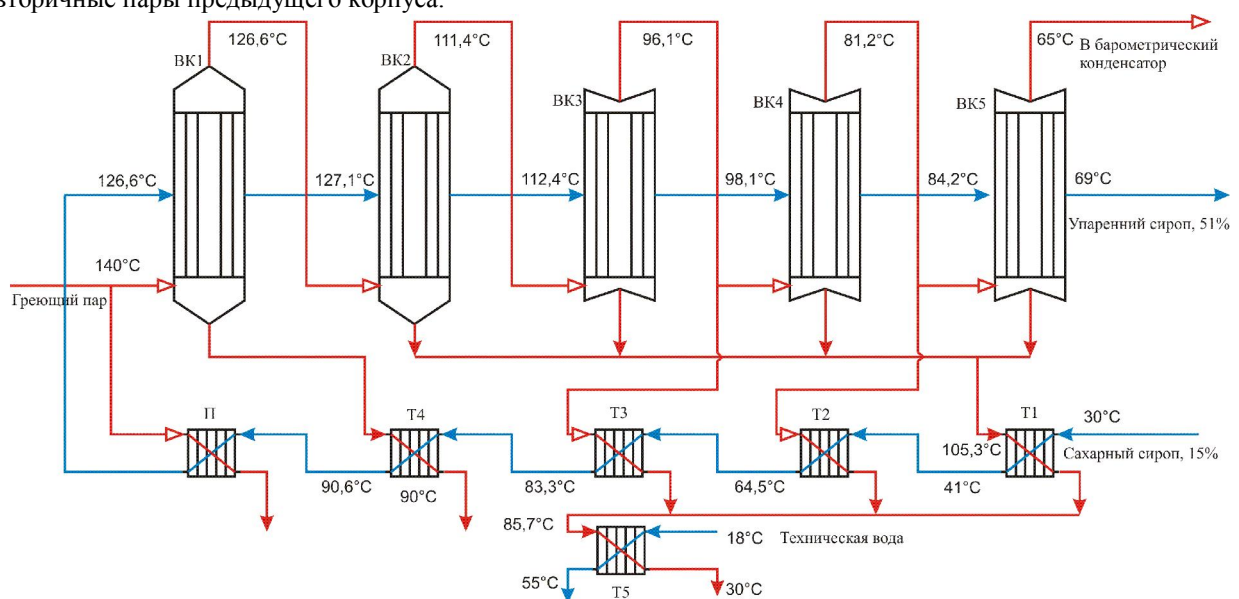


Рис. 1. Схема выпарной станции упаривания сахарного сиропа до модернизации

Для анализа рассматриваемой схемы были рассчитаны тепловые и материальные балансы [11] и составлена таблица тепловых потоков (табл. 1).

Суммарная тепловая мощность горячих потоков составляет 36417,6 кВт, холодных – 39493,52 кВт. В целом мощность рекуперации в

системе 30878,3 кВт, потребление горячих утилит составляет 8614,82 кВт, холодных – 5538,9 кВт.

Анализ потребления энергии внешних утилит и рекуперации энергии в существующей схеме методом составных кривых позволяет выявить ее недостатки.

Таблица 1 – Данные тепловых потоков выпарной станции

№	Название потока	Тип потока	G , кг/с	T_s , °С	T_i , °С	c , кДж/(кг·°С)	r , кДж/кг	ΔH , кВт	CP , кВт/°С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Вторичный пар 1-го корпуса	гор	2,628	126,6	126,6	–	2181	5729,69	–
2	Вторичный пар 2 корпуса	гор	3,034	111,4	111,4	–	2225	6750,3	–

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Вторичный пар 3 корпуса	гор	2,673	96,1	96,1	–	2267	6058,88	–
4	Вторичный пар 4 корпуса	гор	2,073	81,2	81,2	–	2306	4779,32	–
5	Вторичный пар 5 корпуса	гор	2,22	65	65	–	2342	5212,56	–
6	Конденсат регурного пара	гор	2,696	140	90	4,24	–	571,55	11,43
7	Смесь конденсатов	гор	10,406	105,3	30	4,2	–	3290,74	43,71
8	Экстрапар 3 корпуса	гор	0,657	96,1	96,1	–	2267	1490,23	–
9	Экстрапар 4 корпуса	гор	0,803	81,2	81,2	–	2306	1852,74	–
10	Конденсат экстрапара 3 корпуса	гор	0,657	96,1	30	4,2	–	182,5	2,761
11	Конденсат экстрапара 4 корпуса	гор	0,803	81,2	30	4,2	–	172,77	3,374
12	Конденсат экстрапара 5 корпуса	гор	2,22	65	30	4,2	–	326,34	9,324
13	Испарение в 1 корпусе	хол	20	126,6	126,6	–	2181	5772,07	–
14	Испарение во 2 корпусе	хол	17,372	111,4	111,4	–	2225	5729,69	–
15	Испарение в 3 корпусе	хол	14,338	96,1	96,1	–	2267	6750,3	–
16	Испарение в 4 корпусе	хол	11,008	96,1	96,1	–	2306	6058,88	–
17	Испарение в 5 корпусе	хол	8,132	65	65	–	2342	4779,32	–
18	Исходный сироп	хол	20	30	126,6	3,947	–	7625,6	78,94
19	Техническая вода	хол	17,87	18	55	4,2	–	2777,66	75,072

На рис. 2 представлены составные кривые потоков. Они расположены на температурно-энтальпийной диаграмме таким образом, что область их перекрытия по оси энтальпии равна мощности рекуперации в существующей схеме [3]. Такое расположение составных кривых соответствует значению $\Delta T_{\min} = 14,9^\circ\text{C}$, при этом температура пинча холодных потоков составляет $81,2^\circ\text{C}$, а горячих – $96,1^\circ\text{C}$.

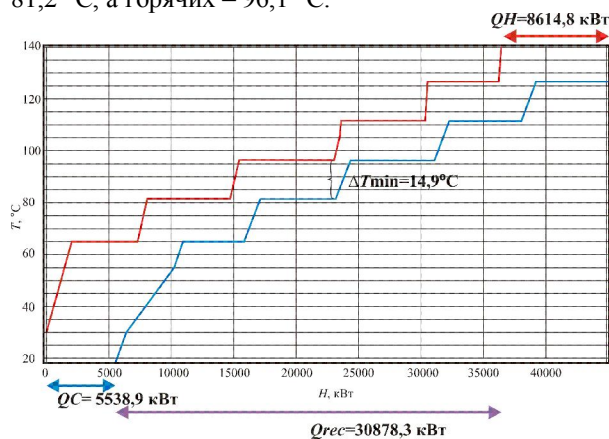


Рис. 2. Составные кривые процесса до модернизации:
1 – горячих потоков, 2 – холодных потоков

Сеточная диаграмма исходного процесса (рис. 3), с расположенными на ней выпарными и теплообменными аппаратами позволяет сделать выводы о недостаточной эффективности организации рекуперации энергии в системе, а именно, налицо имеется перекрестный теплообмен и перенос энергии через пинч. Следствием является

завышенная величина теплопередающей поверхности в аппаратах.

Для модернизации рассматриваемого процесса было принято значение минимального температурного напора в теплообменном оборудовании $\Delta T_{\min} = 5^\circ\text{C}$, которое является экономически обоснованным с одной стороны, с другой – удовлетворяет требованиям конкретного процесса. Так как тепловая энергия экстрапаров и конденсата выпарных аппаратов используется в основном для подогрева исходного сиропа, надо учитывать специфику нагреваемого раствора, а именно склонность к образованию отложений на стенках теплообменных аппаратов, особенно на первых ступенях подогрева, при более низких температурах раствора. Так как уменьшение температурного напора влечет за собой увеличение поверхности теплообмена и, следовательно, уменьшение скорости потока сахарного сиропа, происходит снижение уровня касательных напряжений на стенке пластины, что приводит к увеличению вероятности появления отложений на теплопередающей поверхности.

Решение задачи проектирования системы теплообменных аппаратов перед выпариванием осложняется тем, что главным препятствием для надежного их функционирования в течение сезона сахароварения, является загрязнение поверхности теплообмена пластинчатых подогревателей, приводящее к увеличению потерь давления сахарного сиропа, проходящего через подогреватели. Последнее обстоятельство приводит к росту потребляемой мощности насосного

оборудования. В результате возникает необходимость в остановке работы аппаратов на их

чистку с полной разборкой.

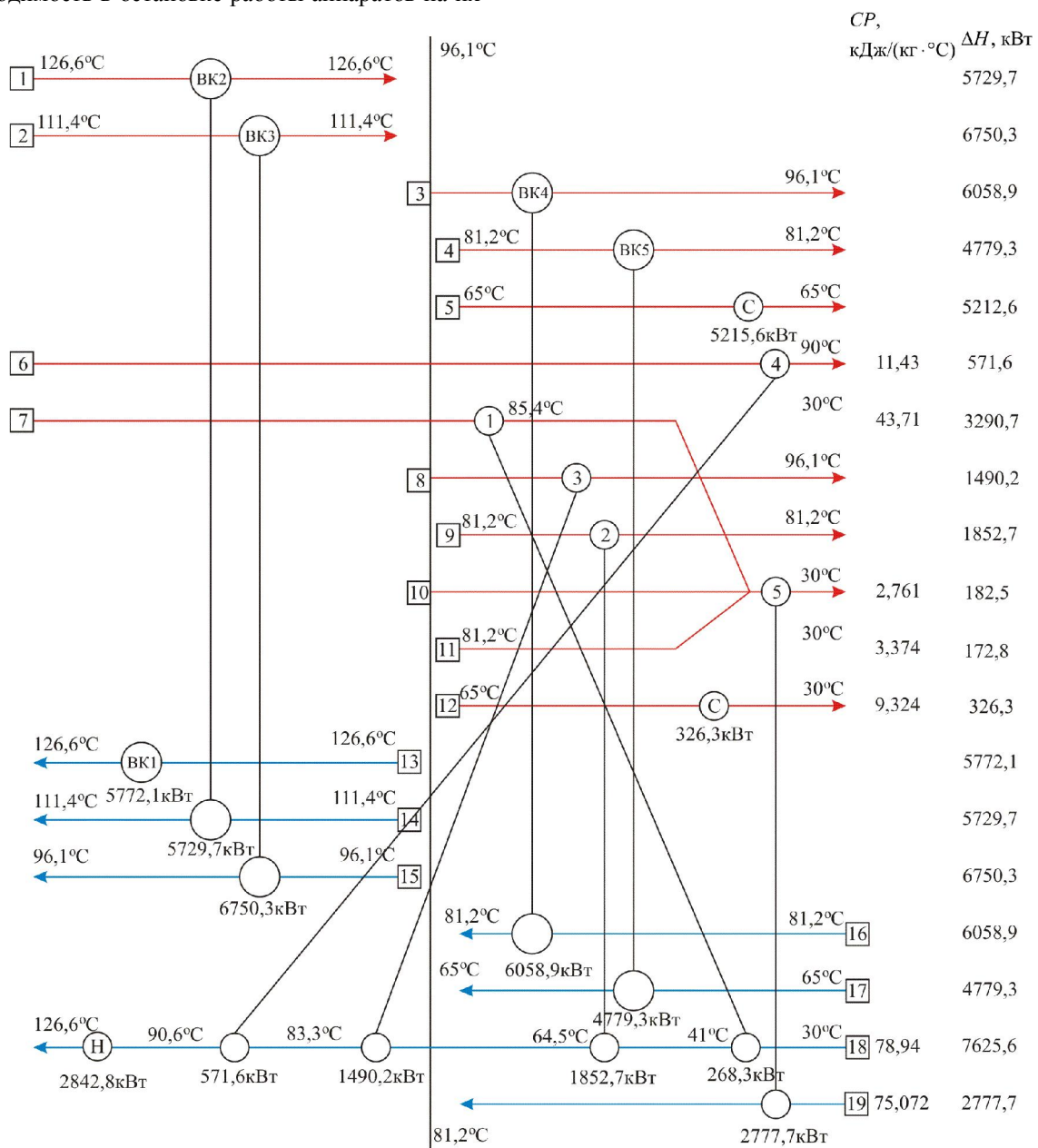


Рис. 3. Сеточная диаграмма процесса до модернизации

На рис. 4 изображены составные кривые процесса для $\Delta T_{\min} = 5^\circ\text{C}$. Для данного значения определены целевые значения требуемой мощности горячих утилит (пара) – 7670,5 кВт и мощности холодных утилит (охлаждающей воды) – 4595,2 кВт. Температура пинча холодных потоков равна $91,1^\circ\text{C}$, а горячих – $96,1^\circ\text{C}$. В соответствии с основными правилами пинч-технологии, а именно $CP_{out} \geq CP_{in}$ и $N_{out} \geq N_{in}$ были размещены теплообменники. При этом следует отметить, что расстановка теплообменников в области выше пинча не вызывает сомнений, так как является однозначной. Для расщепленного потока исходной смеси на два потока есть два горячих потока, соединение с которыми, удовлетворяет их на входе в пинч.

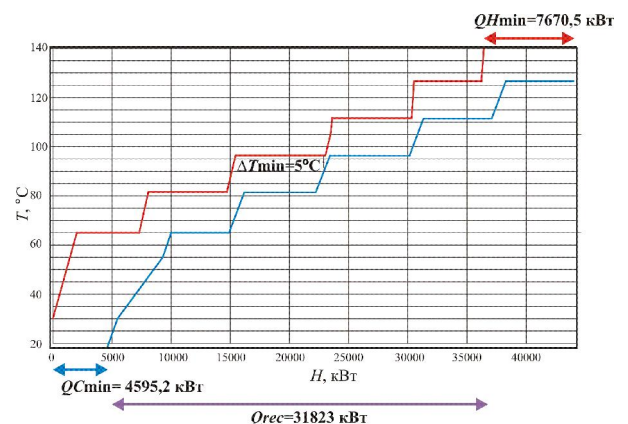


Рис. 4. Составные кривые процесса для $\Delta T_{\min} = 5^\circ\text{C}$:
1 – горячих потоков, 2 – холодных потоков

Нижче пінча були рассмотрены несколько вариантов размещения теплообменников, из которых в результате был выбран наиболее рациональный из соображения технологии процесса

и минимизации количества теплообменных аппаратов. Сеточная диаграмма разработанного проекта представлена на рис. 5

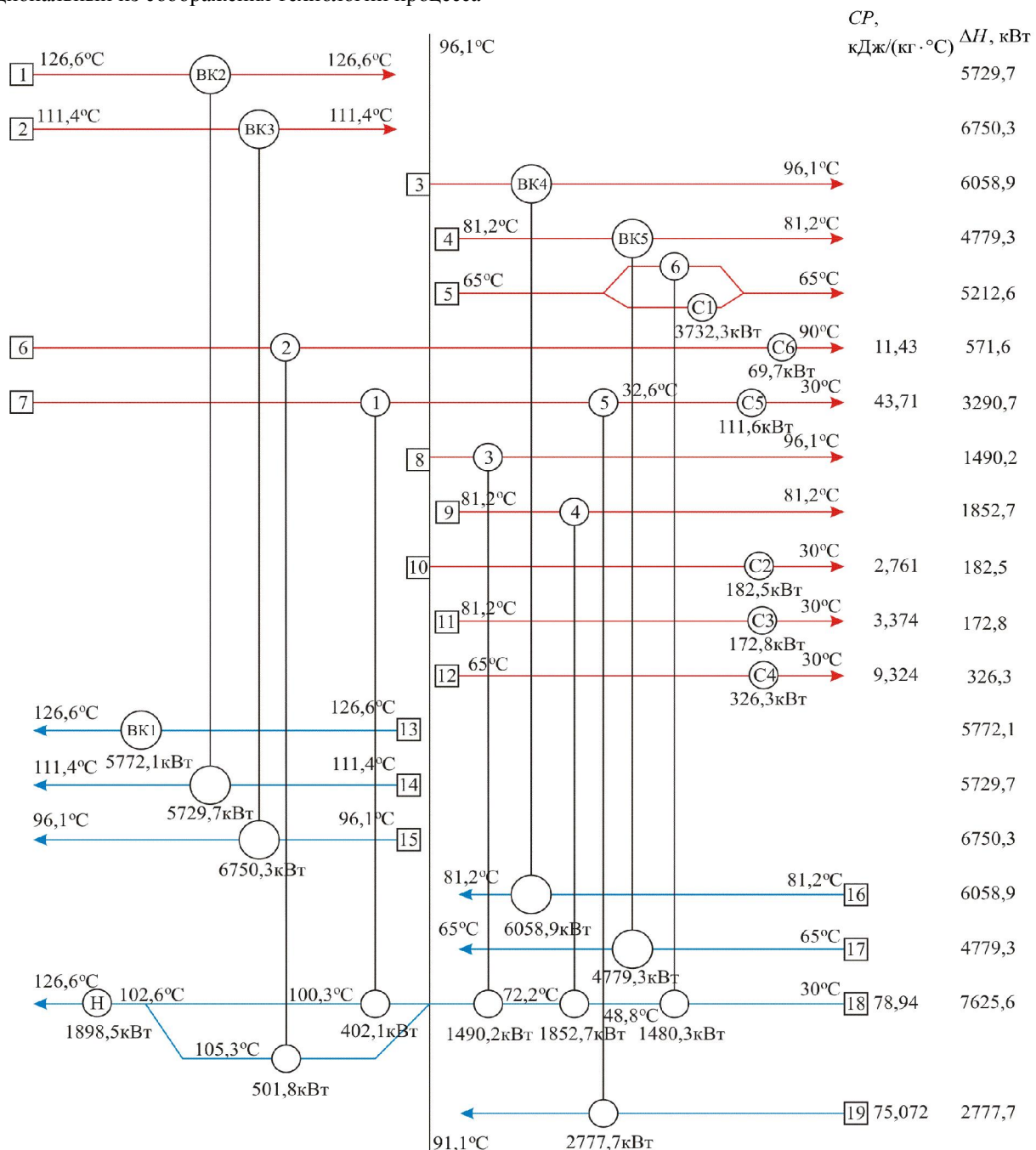


Рис. 5. Сеточная диаграмма процесса после модернизации

Анализ сеточной диаграммы показывает, что нет необходимости доохлаждения конденсата ретурного пара, так как его возврат должен быть не ниже 90 °С. Охлаждение смеси конденсатов вторичных паров соответствует температурным пределам для накопления в емкости сбора. Кроме того, потоки конденсата экстрапаров третьего и четвертого корпусов и вторичного пара пятого корпуса могут быть объединены в один поток и

доведены до целевой температуры в одном теплообменном аппарате.

На рис. 6 изображена принципиальная схема выпарной станции после модернизации.

Для установки было подобраны разборные пластинчатые теплообменники [13] фирмы Alfa Laval, в том числе специальный конденсатор паров низкого давления типа AlfaCond. В таблице 2 указаны их характеристики.

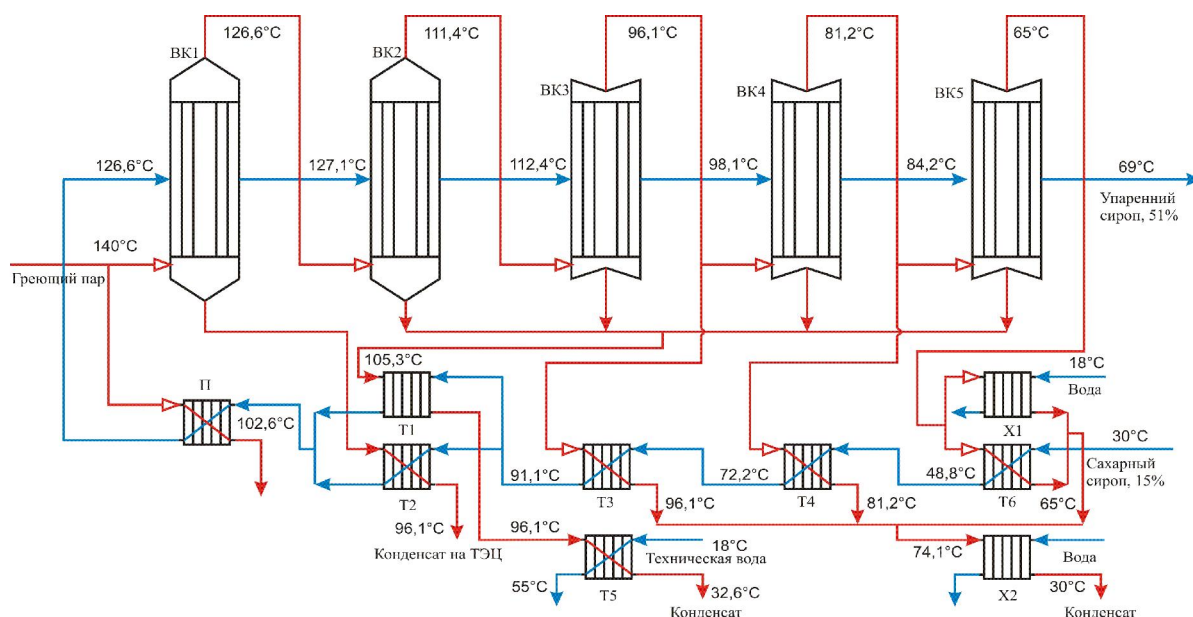


Рис. 6. Схема выпарной станции упаривания сахарного сиропа до модернизации

Таблица 2 – Выбранное теплообменное оборудование

Позиция	Тип пластины	Число пластин	Поверхность теплопередачи (м ²)
PT1	M6	45	6,5
PT2	M6	75	11
PT3	M15M	66	39,7
PT4	M15M	72	43,4
PT5	M10B	87	20,4
PT6	M15M	88	53,32
П	M10M	64	13,6
X1	AlfaCond 600	68	46,2
X2	M6	45	6,45

Выводы.

Предложенный вариант модернизации существующей схемы выпарной станции дает снижение потребления мощности горячих утилит (пара) с 8614,8 кВт до 7670,5 кВт, а мощности холодных утилит (охлаждающей воды) – с 5538,9 кВт до 4413,9 кВт с учетом принятых решений.

Срок окупаемости данного проекта составляет примерно полтора года.

Список литературы

1. Кравчук А.Ф. Технико-экономическая оценка работы выпарной установки сахарного завода / А.Ф. Кравчук, Б.А. Еременко // Цукор України. – 2003. – № 4–5. – С. 33–35.
2. Болдырев С.А. Методы энергосбережения в сахарной промышленности (обзор) / С.А. Болдырев // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2007. – №2. – С. 28–33.
3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов: Библиотека журнала ИТЭ / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, [и др.]. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 458 с.
4. Голыбин В.А. Пути повышения энергоэффективности сахарного производства / В.А. Голыбин, В.А. Федорук, М.А. Лавренова, Е.А. Денисова // Вестник ВГУИТ. – 2014. – №1. – С. 185–190.
5. Громковский А.А. Влияние распределения теплопотребителей и эффекта самоиспарения на расход пара многокорпусной выпарной установки сахарного завода / А.А. Громковский // Вестник ВГУИТ. – 2016. – №2. – С. 233–237.

6. Нечипоренко Д.И. К вопросу энергосбережения при выпаривании растворов // Д.И. Нечипоренко, В.С. Фокин, Е.Д. Пономаренко, С.Д. Нечипоренко // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2005. – №4. – С. 42–47.
7. Madaeni S.S. Energy consumption for sugar manufacturing. Part I: Evaporation versus reverse osmosis / S.S. Madaeni, S. Zereshki // Chemical Engineering Processing: Process Intensification. – 2008. – 47. – P. 1075–1080.
8. Gul S. Energy Saving in Sugar Manufacturing with the Implementation of a new Membrane Process / S. Gul, M. Haraseki // Applied Thermal Engineering. – 2011. – 43. – P. 128–133.
9. Jensen A.J. Energy and environment in beet sugar production / F.J. Jensen, B. Morin // ESST Proceeding Reims, 2015. – 10 p.
10. Mushiri T. To Design and Implement a Reliable Sugar Evaporation Control System that will Work in an Energy Saving Way / T. Mushiri, C. Mbohwa // Proceedings of the World Congress on Engineering. – 2015. – Vol I. – WCE 2015, July 1 - 3, 2015, London, U.K. – P. 235–241.
11. Товажнянський Л.Л. Процеси та апарати хімічної технології: Підручник у двох книгах. Кн. 2 / Л.Л. Товажнянський, А.П. Готлінська, В.О. Лещенко [та ін.] – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – 538 с.
12. Каталог оборудования «Альфа Лаваль». [Электронный ресурс]. – http://planetaklimata.com.ua/instr/Alfa_Laval_catalog_2016_Rus.pdf

References(transliterated)

1. Kravchuk A.F. Tehniko-jekonomicheskaja ocenka raboty vyparnoj ustanovki saharnogo zavoda [Technical and economic assessment of works of evaporating installation of sugar factory] / A.F. Kravchuk, B.A. Eremenko // Cukor Ukraini. – 2003. – № 4–5. – P. 33–35.
2. Boldyrev S.A. Metody jenergosberezhenija v saharnoj promyshlennosti [Power savings methods in a sugar industry] (obzor) / S.A. Boldyrev // Integrirovannye tehnologii i jenergosberezhenie. – 2007. – №2. – P. 28–33.
3. Smit R. Osnovy integracii teplovyh processov [Basics integration of thermal processes]: Biblioteka zhurnala ITJe / R. Smit, J. Klemesh, L.L. Tovazhnjanskij, [i dr.]. – Har'kov.: NTU «HPI», 2000. – 458 p.
4. Golybin V.A. Puti povyshenija jenergojefektivnosti saharnogo proizvodstva [Ways of increase of power efficiency of sugar manufacture] / V.A. Golybin, V.A. Fedoruk, M.A. Lavrenova, E.A. Denisova // Vestnik VGUIT. – 2014. – №1. – P. 185–190.
5. Gromkovskij A.A. Vlijanie raspredelenija teplopetrebitel'ej i jeffekta samoisparenija na rashod para mnogokorpusnoj vyparnoj ustanovki saharnogo zavoda [Distribution influence warmly

- consumers of heat and effect of self-evaporation on the expense of steam of multistage evaporating installation of sugar factory] / A.A. Gromkovskij // Vestnik VGUIT. – 2016. – №2. – P. 233–237.
6. *Nechiporenko D.I.* К вопросу jenergoberezenija pri vyparivanii rastvorov [To power savings question at evaporation of solutions] // D.I. Nechiporenko, V.S. Fokin, E.D. Ponomarenko, S.D. Nechiporenko // Integrirovannye tehnologii i jenergoberezenie. – 2005. – №4. – P. 42–47.
 7. *Madaeni S.S.* Energy consumption for sugar manufacturing. Part I: Evaporation versus reverse osmosis / S.S. Madaeni, S. Zereshki // Chemical Engineering Processing: Process Intensification. – 2008. – 47. – P. 1075–1080.
 8. *Gul S.* Energy Saving in Sugar Manufacturing with the Implementation of a new Membrane Process / S. Gul, M. Harasek // Applied Thermal Engineering. – 2011. – 43. – P. 128–133.
 9. *Jensen A.J.* Energy and environment in beet sugar production / F.J. Jensen, B. Morin // ESST Proceeding Reims, 2015. – 10 p.
 10. *Mushiri T.* To Design and Implement a Reliable Sugar Evaporation Control System that will Work in an Energy Saving Way / T. Mushiri, C. Mbohwa // Proceedings of the World Congress on Engineering. – 2015. – Vol I. – WCE 2015, July 1 - 3, 2015, London, U.K. – P. 235–241.
 11. *Tovazhnyans'kyj L. L.* Protsey ta aparaty khimichnoyi tekhnolohiyi [Processes and devices of chemical technology]: Pidruchnyk u dvokh knykhakh. Kn. 2 / L. L. Tovazhnyans'kyj, A. P. Hotlins'ka, V. O. Leshchenko [ta in.] – Kharkiv: NTU «KhPI», 2007. – 538 p.
 12. Katalog oborudovaniya «Al'fa Laval». [Elektronnij resurs]. – http://planetaklimata.com.ua/instr/Alfa_Laval_cata_log_2016_Rus.pdf

Поступила (received) 06.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Підвищення енергоефективності станції упарювання цукрового сиропу / Т. Г. Бабак, О. О. Голубкіна, Д. С. Король, Є. Д. Пономаренко // Вісник НТУ «ХПІ». – X : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 46–52. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2220-4784.

Повышение энергоэффективности станции упаривания сахарного сиропа / Т. Г. Бабак, О. А. Голубкіна, Д. С. Король, Е. Д. Пономаренко // Вісник НТУ «ХПІ». – X : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 46–52. – Библиогр.: 12 назв. – ISSN 2220-4784.

Energy efficiency increasing of sugar syrup evaporation plant / T. G. Babak, O. A. Holubkina, D. S. Korol, E. D. Ponomarenko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2017. – № 18 (1240). – P. 46–52. – Bibliogr.: 12 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бабак Тетяна Геннадіївна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри Інтегрованих технологій, процесів і апаратів; тел.: +3800505669654; e-mail: tgababak@gmail.com.

Бабак Татьяна Геннадиевна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры Интегрированных технологий, процессов и аппаратов; тел.: +380505669654; e-mail: tgababak@gmail.com.

Babak Tatyana Gennadyevna – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», an assistant professor of integrated technologies, processes and devices; tel: +380505669654; e-mail: tgababak@gmail.com.

Голубкіна Ольга Олександрівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри Інтегрованих технологій, процесів і апаратів; тел.: +380977133599; e-mail: oalgolubkina@gmail.com.

Голубкина Ольга Александровна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший преподаватель кафедры Интегрированных технологий, процессов и аппаратов; тел.: +380977133599; e-mail: oalgolubkina@gmail.com.

Holubkina Olga Aleksandrovna – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», a senior lecturer in integrated technologies, processes and devices; tel.: +380977133599; e-mail: oalgolubkina@gmail.com

Король Дмитро Сергійович – спеціаліст, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380661236347; e-mail: korol_diman@mail.ru.

Король Дмитрий Сергеевич – специалист, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380661236347; e-mail: korol_diman@mail.ru.

Korol Dmitriy Sergeevich – specialist, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel.: +380661236347; e-mail: korol_diman@mail.ru.

Пономаренко Євгенія Дмитрівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри Інтегрованих технологій, процесів і апаратів; тел.: +380681185532; e-mail: yevgeniya.ponomarenko@gmail.com.

Пономаренко Евгения Дмитриевна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры Интегрированных технологий, процессов и аппаратов; тел.: +380681185532; e-mail: yevgeniya.ponomarenko@gmail.com.

Ponomarenko Evgeniya Dmitrievna – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», an assistant professor of integrated technologies, processes and devices; tel.: +380681185532; e-mail: yevgeniya.ponomarenko@gmail.com.

УДК 621.43.057.3

А. В. САВЧЕНКО**ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ДИЗЕЛІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МОДЕЛІ ЕКО-ЕФЕКТИВНОГО ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА**

У статті розглянуті питання досліджень робочого процесу дизеля з встановленням оптимальної точки початку згоряння палива. Наведено аналіз підходів з підвищення еко-ефективності використання палива в двигунах. Розроблено загальний алгоритм обробки даних експериментального дослідження робочого процесу дизеля. Впроваджено метод визначення моменту початку згоряння палива, що враховує характерні особливості датчиків тиску та має підвищену точність і надійність. Запропоновано при обробці даних дослідження визначати ступінь кореляції отриманих даних відповідним інтегральним показником дизеля. Використання розробленого алгоритму експериментальних досліджень дизеля дозволяє детально проаналізувати процес згоряння палива та встановити оптимальні параметри його роботи для комплексного покращення еко-ефективності.

Ключові слова: дизель, еко-ефективне згоряння, оксиди азоту, енергія активації, диференційне тепловиділення, механічні навантаження.

В статье рассмотрены вопросы исследований рабочего процесса дизеля с установлением оптимальной точки начала сгорания топлива. Приведен анализ подходов по повышению эко-эффективности использования топлива в двигателях. Разработан общий алгоритм обработки данных экспериментального исследования рабочего процесса дизеля. Использован метод определения момента начала сгорания топлива, который учитывает характерные особенности датчиков давления и имеет повышенную точность и надежность. Предложено при обработке данных исследования определять степень корреляции полученных данных соответствующим интегральным показателем дизеля. Использование разработанного алгоритма экспериментальных исследований дизеля позволяет детально проанализировать процесс сгорания топлива и установить оптимальные параметры его работы для комплексного улучшения эко-эффективности.

Ключевые слова: дизель, эко-эффективное сгорание, оксиды азота, энергия активации, дифференциальное тепловыделение, механические нагрузки.

The article deals with the issues of research workflow diesel engine with an optimal combustion start point. Approaches analyze of fuel use eco-efficiency increase in engines is given. A general algorithm for processing experimental research data on the diesel workflow has been developed. Implemented determining combustion start method that takes into account the pressure sensors characteristics and has high accuracy and reliability. Determine the degree of data correlation corresponding diesel integral indicator at study data processing. Using the algorithm experimental research allows detailed diesel combustion process analysis and set optimal parameters of it work for comprehensive eco-efficiency improvement.

Key words: diesel, eco-efficient combustion, nitrogen oxides, activation energy, differential heat release, mechanical loads.

Вступ. Одним з ефективних заходів, що дозволяє досягти виконання вимог екологічного обмеження викидів забруднюючих речовин при роботі дизельних двигунів, є регулювання параметрів паливopодачі, контролювання параметрів повітря на впуску в двигун, характеристик температурного режиму згоряння і тривалості процесу. З цього приводу перспективним для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) є зменшення максимальної температури робочого циклу, тривалості перебування реагуючих речовин в зоні реакції з метою зниження рівня викидів оксидів азоту при застосуванні альтернативних палив. Для встановлення точок більш повного використання потенціалу альтернативних видів палив необхідно провести поглиблений аналіз процесу згоряння в дизелі з розробкою моделі робочого процесу щодо досягнення максимально можливої швидкості реакції при умові збереження механічних навантажень на деталі дизеля в допустимих межах ресурсу двигуна. Науково-практична значимість моделі визначається можливостями встановлення умов процесу згоряння, при яких забезпечується зниження концентрації оксидів азоту NO_x і загального рівня токсичності відпрацьованих газів двигуна [1, 2].

Мета та задачі. Метою роботи є дослідження фізико-механічних процесів в ДВЗ і формування інформаційно-алгоритмічної підтримки розробки моделі еко-ефективного згоряння палива в дизелі. Для

розв'язання основної задачі дослідження поставлені та вирішені такі питання:

1) визначення точки початку еко-ефективного згоряння палива в циліндрі дизеля відповідно до особливостей змін тиску;

2) аналіз отриманих закономірностей впливу змін тиску та температури у передреакційний період на особливості перебігу етапів згоряння палива та робочого процесу в цілому;

3) розробка інформаційно-алгоритмічної підтримки поглибленого аналізу результатів дослідження еко-ефективного процесу згоряння в дизелі, визначення перспективних видів палива та умов комплексного покращення роботи дизеля.

Розв'язання завдання дослідження. Важливою складовою ефективного перебігу робочого процесу двигуна є момент початку згоряння. Для встановлення умов еко-ефективного згоряння палива в дизелі необхідним є розробка моделі процесу та алгоритму ідентифікації початку спалаху палива, аналізу поведінки змін тиску у циліндрі, визначення теоретично-математичних засобів обробки результатів експериментального дослідження роботи дизеля на різних видах палива.

Характерною особливістю робочого процесу в ДВЗ є постійна зміна тиску в циліндрі з надзвичайно високою швидкістю. Вагомими факторами, що спричиняють зазначену зміну тиску в циліндрі є зміна

адпоршневого об'єму внаслідок руху поршня і підведення теплоти до робочого тіла в результаті згоряння палива. Запропоновано спосіб визначення впливу кожного з факторів на зміни тиску в циліндрі дизеля для встановлення з високою точністю моменту початку згоряння.

Для реєстрації тиску в циліндрі застосовується п'єзокварцевий датчик тиску, який дозволяє більш детально дослідити змінний параметр. Характерною особливістю такого датчика тиску є наявність термодинамічної похибки, яка може бути розрахована з високою точністю за методикою, що розроблена на кафедрі ДВЗ НТУ «ХПІ» [3]. У ході обробки результатів експериментальних досліджень проводиться корегування значень тиску з урахуванням визначеної термодинамічної похибки. Таким чином отримується дійсна функція зміни тиску в циліндрі дизеля (рис. 1).

Точне розрахункове визначення дійсного моменту початку згоряння є важливим для всього подальшого перебігу робочого процесу дизеля. Запропонована методика дозволяє мінімізувати ймовірність помилкової ідентифікації початку

згоряння в точці з незначною похибкою вимірювання тиску. Зазначене підвищення надійності досягнуто за рахунок особливостей використаних розрахункових залежностей, зменшенням шагу розрахунку та перевіркою одразу декількох значень у зоні можливого згоряння.

Для фіксації початку процесу згоряння необхідним і достатнім є побудова індикаторної діаграми дизеля. За характерним підйомом тиску визначають початок процесу окиснення, який необхідно певним чином контролювати для досягнення максимальної ефективності використання палива, що може забезпечити інгибування утворення оксидів азоту при умові збереження механічних навантажень на деталі дизеля не вище рівня, що обумовлений вимогами до ресурсу та надійності двигуна. Оптимізація процесу згоряння при застосуванні альтернативних видів палива дозволяють досягти зменшення максимальної температури робочого процесу з відповідним скороченням тривалості процесу згоряння палива, що дає змогу знизити вміст NO_x у відпрацьованих газах дизеля (див. рис. 1).

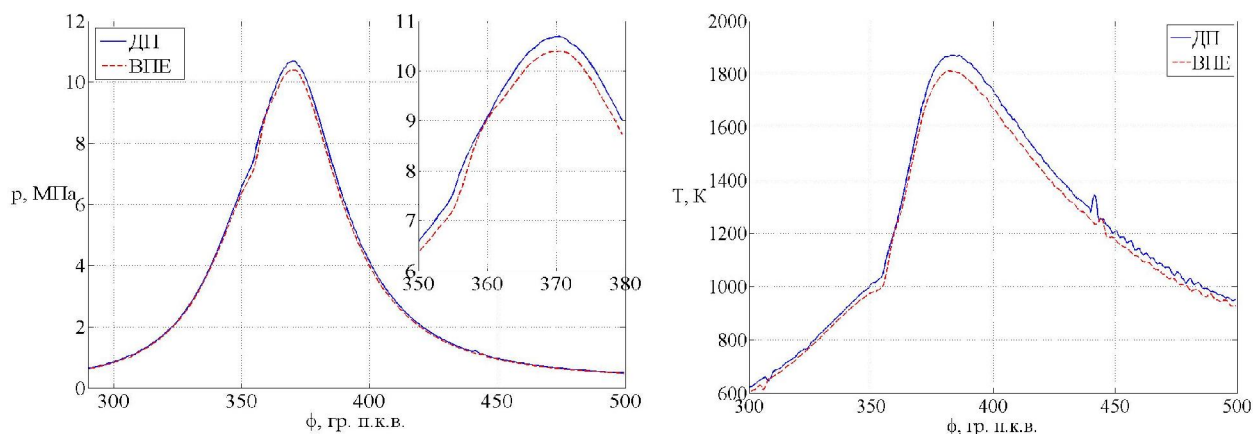


Рис. 1. Результати обробки експериментальних даних залежності тиску та температури від кута повороту колінчастого валу

За отриманими експериментальними даними встановлюється інформаційний масив теоретично розрахованого тиску адіабатичного стискання в циліндрі на основі вимірювання тиску у попередній точці та відомого співвідношення об'ємів у зазначених точках. Контролюється різниця між теоретично розрахованим та вимірним значенням тиску в кожній розрахунковій точці. Послідовність аналізу поведінки тиску в предреакційний період здійснюється за такими встановленими експериментально-аналітичними залежностями:

1) розрахунок теоретичного тиску адіабатичного стискання:

$$P_{\text{теор}}(x) = \frac{P(x-1) \cdot V(x-1)^K}{V(x)^K}; \quad (1)$$

2) невідповідність зафіксованих вимірних величин тиску теоретичним розрахунковим значенням:

$$\Delta P_{\text{теор}}(x) = P_C(x) - P_{\text{теор}}(x) \quad (2)$$

де $P_{\text{теор}}(x)$ – розрахунковий тиск у точці x за умови адіабатичного стискання; $V(x)$ – надпоршневий об'єм в точці x ; K – показник адіабати, $K = 1,4$ для повітря; $P_C(x)$ – вимірний тиск у циліндрі в точці x .

Надійність запропонованих засобів встановлення моменту початку впорскування палива забезпечується визначенням на основі похідної функції тиску палива за кутом повороту колінчастого валу. В межах даної задачі прийнято, що максимум похідної тиску палива відповідає початку подачі палива в камеру згоряння і перебігу предреакційного періоду процесу еко-ефективного окиснення (рис. 2).

Алгоритм ідентифікації моменту початку згоряння наведено на рисунку 2. Результати, що отримані за допомогою вказаного алгоритму обробки даних експериментального дослідження роботи дизеля, свідчать про високу надійність і точність методу: ряд визначених показників дизеля і властивостей згоряння

палива добре узгоджуються з відповідними інтегральними характеристиками.

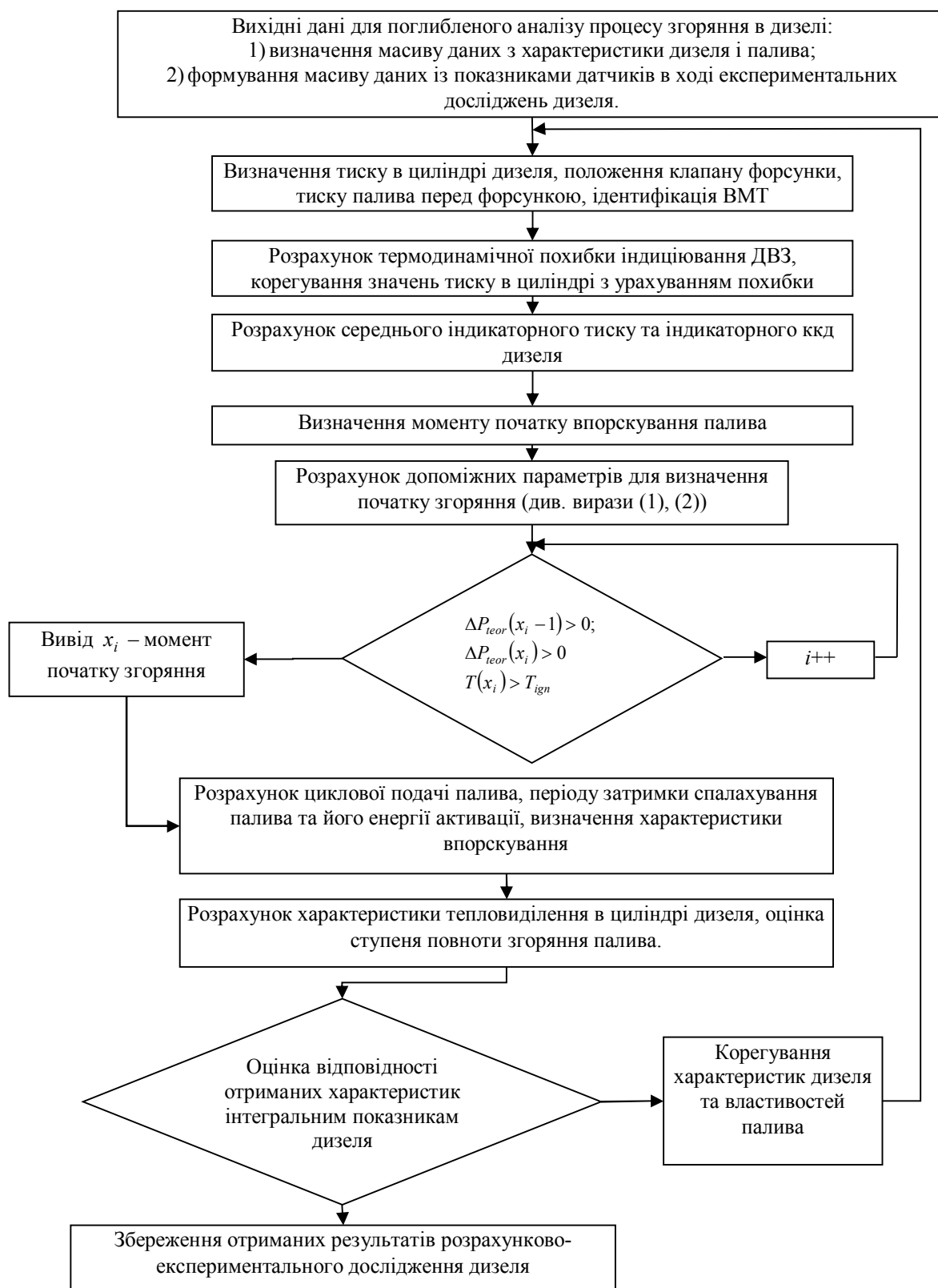


Рис. 2. Загальний алгоритм обробки даних експериментального дослідження роботи дизеля для підвищення ступеня еко-ефективності згоряння палива

Використання існуючого комплексу з контролю робочого процесу дизеля може призводити до помилкової ідентифікації моменту початку згоряння

внаслідок незначної похибки вимірювального комплексу та особливостей поведінки тиску в циліндрі в момент впорскування палива. Запроваджені

нові засоби дослідження передреакційного періоду потребують для модельних розрахунків виключення випадків помилкової ідентифікації, що досягається у результаті реалізації запропонованого алгоритму обробки експериментальних даних. Вказане вище обумовлює необхідність розробки нової інформаційно-програмної підтримки досліджень з вивчення еко-ефективної роботи дизеля.

Висновок. У роботі наведено алгоритмічну підтримку програмного комплексу для розрахунково-експериментального дослідження роботи дизеля. Характерною особливістю наведеного підходу є висока точність і надійність, що підтверджується високим ступенем кореляції отриманих даних з відповідними інтегральними показниками, які були зареєстровані у ході досліджень.

За результатами роботи отримані такі основні науково-практичні висновки:

1) визначено можливості ідентифікації початку еко-ефективного згоряння в циліндрі дизеля на основі аналізу характерних особливостей змін тиску;

2) встановлено залежності впливу змін тиску та температури у передреакційний період на результати згоряння палива з мінімальним обсягом утворення NO_x ;

3) розроблено інформаційно-алгоритмічну підтримку поглибленого аналізу результатів дослідження еко-ефективного процесу згоряння в дизелі.

Завдяки реалізації розробленого підходу регулювання ступеня еко-ефективності згоряння палива досягається скорочення тривалості процесу та зниження максимальної температури циклу, що дозволяє значно скоротити викиди оксидів азоту з відпрацьованими газами двигуна. Ці заходи також мають сприяти зниженню ефективної питомої витрати палива. Однак, зазначені заходи можуть призвести до підвищення рівня механічних навантажень на деталі двигуна, що може погіршити

ресурсні показники. Отже, розв'язання задачі оптимізації процесу згоряння являє собою пошук компромісу окремо для кожної моделі двигуна. Подальший розвиток дослідження, таким чином, потребує детального аналізу процесу згоряння і робочого процесу дизеля в цілому на основі створення інформаційно-програмного комплексу з підтримкою прийняття рішень з еко-оптимального перебігу робочого процесу дизеля.

Список літератури

1. *Марченко А.П.* Особливості процесу згоряння в дизелі при роботі на водопаливній емульсії / А.П. Марченко, І.В. Парсаданов, А.О. Прохоренко, А.В. Савченко, О.О. Осетров, Д.В. Мешков // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – № 1. – С. 3–10.
2. *Марченко А.П.* Экспериментальное определение энергии активации водотопливной эмульсии / А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, А.В. Савченко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – № 2. – С. 9–14.
3. *Мешков Д.В.* Метод расчёта термодинамической погрешности при индизировании ДВС / Д.В. Мешков, А.В. Савченко, // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – № 1. – С. 22–26.

Bibliography (transliterated)

1. *Marchenko A.P.* (2016) Osoblivosti protsesu zgoryannya v dizeli pri roboti na vodopalivny emulsiyi / A.P. Marchenko, I.V. Parsadanov, A.O. Prohorenko, A.V. Savchenko, O.O. Osetrov, D.V. Meshkov // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. – № 1. – P. 3–10.
2. *Marchenko A.P.* (2016) Eksperimentalnoe opredelenie energii aktivatsii vodotoplivnoy emulsii / A.P. Marchenko, A.A. Prohorenko, A.V. Savchenko // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. – № 2. – P. 9–14.
3. *Meshkov D.V.* (2014) Metod raschyota termodinamicheskoy pogreshnosti pri inditsirovani DVS / D.V. Meshkov, A.V. Savchenko // Dvigateli vnutrennego sgoraniya. – № 1. – P. 22–26.

Надійшла (received) 23.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження фізико-механічних процесів в ДВЗ для розробки моделі еко-ефективного згоряння палива / А. В. Савченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 53–56 – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследования физико-механических процессов в ДВС для разработки модели эко-эффективного сгорания топлива / А. В. Савченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 53–56. Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2220-4784.

Investigations of physical and mechanical processes in ICE for the development of a model for eco-efficient combustion of fuel / A. V. Savchenko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: System analysis, control and information technology. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2017. № 18 (1240). – С. 53–56 Bibliogr.: 3. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Савченко Анатолій Вікторович – аспірант кафедри двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХПІ»; тел. (096) 402-38-38; e-mail: savchenko.sci@gmail.com.

Савченко Анатолій Вікторович – аспірант кафедри двигателів внутрішнього згоряння НТУ «ХПІ»; тел. (096) 402-38-38; e-mail: savchenko.sci@gmail.com.

Savchenko Anatoliy – post-graduate student of internal combustion engines National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; tel. (096) 402-38-38; e-mail: savchenko.sci@gmail.com.

УДК 666.266.6.01

О. В. САВВОВА, О. І. ФЕСЕНКО**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СКЛАДІ СКЛОКОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ НА ПАТОГЕННІ МІКРООРГАНІЗМИ**

Проаналізовано механізм дії іонів важких металів як денатуруючих агентів в аспекті екологічної безпеки навколишнього середовища. Обґрунтовано вибір важких металів, у складі склокомпозиційних покриттів, для біоцидного захисту сталевих панелей в місцях громадського користування від патогенних мікроорганізмів та зменшення навантаження на навколишнє середовище. Підтверджена ефективність використання катіонів цинку, купруму і кальцію та аніонів фосфатів та титанатів при одержанні антимікробних склокомпозиційних покриттів з урахуванням їх токсичності. Встановлено, що використання як біоцидів іонів важких металів в технології емалювання відповідає загальним вимогам екологічної безпеки в умовах захисту від патогенних мікроорганізмів.

Ключові слова: важкі метали, денатуруючі агенти, склокомпозиційні покриття, патогенні мікроорганізми, екологічна безпека.

Проанализирован механизм действия ионов тяжелых металлов как денатурирующих агентов в аспекте экологической безопасности окружающей среды. Обоснован выбор тяжелых металлов, в составе стеклокомпозиционных покрытий, для бицидного защиты стальных панелей в местах общественного пользования от патогенных микроорганизмов и уменьшения нагрузки на окружающую среду. Подтверждена эффективность использования катионов цинка, меди и кальция и анионов фосфатов и титанатов при получении антимикробных стеклокомпозиционных покрытий с учетом их токсичности. Установлено, что использование в качестве бицидов ионов тяжелых металлов в технологии эмалирования отвечает насущным требованиям экологической безопасности в условиях защиты от патогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, денатурирующие агенты, стеклокомпозиционные покрытия, патогенные микроорганизмы, экологическая безопасность.

Mechanism of action of heavy metal ions as denaturing agents in the aspect of environmental safety was analyzed. Selection of heavy metals, in the composition of glass composite coatings, for biocidal protection of steel panels in public places from pathogenic microorganisms and reduction of the environmental load was justified. The effectiveness of the use of cations of zinc, copper and calcium and anions of phosphates and titanates in the preparation of antimicrobial compositional coatings, taking into account their toxicity, was confirmed. That the use of heavy metal ions as biocides in enamelling technology meets the essential requirements of environmental safety in conditions of protection from pathogenic microorganisms has been established.

Keywords: heavy metals, denaturing agents, glass composite coatings, pathogenic microorganisms, environmental safety.

Вступ.

На сьогоднішній день одним з глобальних завдань сучасності є рішення проблем екологічної безпеки суспільства. Всесвітня організація охорони здоров'я вказує на необхідність вивчення впливу хімічних речовин на живі організми [1]. Важкі метали складають одну з найбільш небезпечних груп токсикантів, які з побутовими та промисловими відходами надходять до навколишнього середовища та забруднюють його [2]. Вміст цих токсичних елементів у ряді регіонів Земної кулі значно перевищує допустимі концентрації міграції.

Поряд з хімічними забруднюючими речовинами значне навантаження на навколишнє середовище створюють патогенні мікроорганізми, які здебільшого накопичуються в місцях громадського користування – лікарні (операційні та реанімаційні блоки, пологові та інфекційні відділення, медичні та фармацевтичні лабораторії), громадські їдальні (харчоблоки, холодильне устаткування, ємності для зберігання і підігріву води), метро (стіни приміщень та архітектурно-будівельні деталі) та промислових об'єктах (сільськогосподарських, комунальних).

Тому з урахуванням поширення епідемії різної етіології важливим аспектом збереження екологічної безпеки суспільства є забезпечення біоцидного захисту навколишнього середовища. Це може бути реалізовано шляхом створення нових антибактеріальних нетоксичних матеріалів, зокрема з використанням катіонів металів [3].

Слід зазначити, що прояв важкими металами токсичної дії на живі організми визначається їх

концентрацією. Тому, застосування важких металів в якості антимікробних компонентів, можливо тільки в тому випадку, коли їх концентрації, що викликають загибель або затримку росту патогенних мікроорганізмів, знаходяться в межах допустимих кількостей міграції хімічних речовин (ДКМ) даного компонента для живих організмів [4]. Встановлення можливості використання важких металів як біоцидних агентів з урахуванням їх токсичної дії на мікроорганізми і визначає актуальність даної роботи.

Мета роботи.

Метою даної роботи є дослідження впливу важких металів на патогенні мікроорганізми. Для досягнення означеної мети були поставлені наступні завдання:

- проаналізувати механізм дії іонів важких металів як денатуруючих агентів;
- обґрунтування вибору важких металів для біоцидного захисту навколишнього середовища від патогенних мікроорганізмів;
- визначення біоцидних властивостей матеріалів, які вміщують важкі метали.

Методика проведення експерименту.

За результатами проведеного аналізу методів визначення біоцидних та фунгіцидних властивостей матеріалів та з врахуванням особливостей зав'язків у структурі силікатних матеріалів обрано методологію оцінки біоцидної дії склокомпозиційних покриттів за кількісним методом на основі оцінки дії біоцидів за методом струшування *DuPont* відповідно *ASTM E 21-4*. Бактерицидний (E_b) та фунгіцидний (E_f) ефекти склокомпозиційних покриттів визначають за

формулою 1.

$$E = (K_{\text{культури}} - K_{\text{покриття}}) \cdot 100 / K_{\text{культури}}, \quad (1)$$

де, $K_{\text{культури}}$ – кількість колоній утворюючих одиниць (КУО) культури без дослідних покриттів;

$K_{\text{покриття}}$ – кількість КУО біотесту в присутності дослідних покриттів.

Для моделювання інфекційного зараження склоемалевих покриттів обрано $K_{\text{КУО}} = 10^3 \div 10^7$ кл/мл, що відповідає перевищенню епідеміологічного порогу.

За отриманими даними визначають E_b та E_f за такими критеріями:

0,0÷0,1 % – значний ріст мікроорганізмів, відсутність бактерицидного ефекту;

0,1÷1 % – незначне зниження кількості колоній мікроорганізмів, бактериостатичний ефект;

1÷10 % – задовільне зниження кількості колоній мікроорганізмів, значний бактериостатичний ефект;

10÷30 % – значне зниження кількості колоній мікроорганізмів, біоцидний ефект;

30 % і більше – сильне зниження кількості колоній мікроорганізмів, відмінний біоцидний ефект.

Інокулят готували за стандартними методиками з культур бактерій *E. Coli*, *P. Auroginosa* і грибів *C. Albicans*, *A. Niger* на живильному середовищі. Час експозиції складав 1 та 14 діб при температурі 37 ± 1 °C.

Результати експерименту та їх обговорення.

Механізм дії іонів важких металів як денатуруючих агентів заснований на:

- їх взаємодії з біологічно важливими речовинами клітин мікроорганізму (клітинними метаболітами);

- зниженні активності ферментів;

- порушенні структури і функціонуванні біомембран і клітинних стінок.

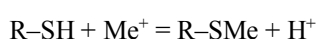
Розглянемо детально різні механізми біоцидної дії іонів металів.

1) Пригнічення активності ферментів за рахунок блокування SH—груп.

Однією з причин зміни макромолекулярної структури білків при блокуванні SH-груп може бути розрив внутрішньомолекулярних зв'язків, в утворенні яких беруть участь SH-групи, внаслідок чого порушується упаковка неполярних бічних ланцюгів, амінокислотних залишків всередині молекули протеїну [5].

Для розуміння механізмів дії іонів важких металів як тіолових отрут необхідно розглянути хімічні властивості сульфгідрильної (–SH) групи цистеїну, дисульфідної (–S–S–) групи цистину і тіоефірної (–S–CH₃) групи метіоніну, а також дані про роль сірковмісних груп у ферментах біологічно активних білках. Участь цих груп у ферментативному каталізі і зв'язуванні субстратів і кофакторів (іонів металів і коферментів) нерідко визначає спектр змін в організмі при надходженні тіолових реагентів.

При реакції SH-груп з іонами важких металів утворюються нерозчинні меркаптиди (Me):



На відміну від реакцій алкілювання реакції меркаптидування носять зворотній характер, але рівновага зміщена в бік утворення слабодисоційованих меркаптів. Іони металів легко реагують як з RS-іонами, так і з недисоційованими SH-групами. Одновалентні катіони аргентуму, купруму, ауруму і двовалентні катіони гідраргіруму, плюмбуму, кадмію та цинку, а також сполуки тривалентного арсену і стибію характеризуються особливо високою спорідненістю до SH-груп. Спорідненість іонів двовалентних металів до SH-груп зменшується у ряді: $Hg^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+}$.

Однак, якщо іони гідраргіруму блокують сульфгідрильні групи протеїнів, цистеїну, унітіолу, гемоглобіну і небілкових гемолізатів еритроцитів, то, наприклад, блокування тіолових груп унітіолу іонами кадмію, стануму та плюмбуму не відзначається. У той же час іони кадмію і плюмбуму блокують SH-групи цистеїну на 27 і 50 % відповідно.

Вплив тіолових реагентів на фізіологічні функції протеїнів обумовлено не тільки блокуванням SH-груп ферментів та інших протеїнів, а також зв'язуванням низькомолекулярних, функціональних важливих тіолів R–SH, які виконують роль кофакторів або простатичних груп в різних ферментних системах.

Іони ауруму та гідраргіруму також прискорюють гідролітичне розщеплення S–S-зв'язків в лужному середовищі. Початкова швидкість реакції гідролізу пропорційна концентрації іонів аргентуму, тобто роль іонів металу не зводиться лише до зміщення рівноваги в гідролітичному розщепленні зв'язку, а й проявляється в дії іон металу, які приєднується до зв'язку з утворенням комплексу, який в подальшому гідролізується під впливом нуклеофільної атаки гідроксильних іонів. Дисульфідні групи стабілізують макромолекулярну структуру протеїнів. Зв'язки S–S в нативних білках не реагують з важкими металами при кімнатній температурі і $pH = 4,0 \div 8,0$.

2) Порушення проникності клітинних мембран.

Не менш важливим елементом токсичної дії тіолових отрут є порушення ними проникності клітинних мембран, що, зокрема, чітко простежується на прикладі мембрани еритроцитів. Приховані пошкодження мембрани еритроцитів при дії важких металів, крім зниження осмотичної резистентності еритроцитів, виявляються в зміні кислотної, лужної і сапонінової резистентності еритроцитів. Найбільш інтенсивною гемолітичною дією характеризуються іони аргентуму, а найбільш слабкою – іони кадмію і плюмбуму [5].

3) Руйнування стінок кліток мікроорганізмів за рахунок створення електричного поля.

Дія на мікроорганізми електричного поля негативно позначається на їх метаболізмі. Відомо, що мікроорганізми характеризуються негативним зарядом, в той час як металічні іони мають позитивний заряд. Під час їх взаємодії між ними виникає електростатична сила. Коли заряди, які створюють електричну область, посилюються,

створюються умови для руйнування стінок клітин мікроорганізмів і їх денатурації.

Так, посилення бактерицидного ефекту спостерігається при обробці води електролітичним методом. Широко відоме використання електроноактивованих розчинів, наприклад, аноліту, з високими бактерицидними властивостями.

4) З'єднання іонів металів з ДНК клітин шляхом каталітичного окиснення

Металічні іони діють як і каталізатори в хімічних реакціях так і самостійно не втрачають ефекту. Після загибелі бактерій іони металів повторюють вищезазначений антибактеріальний цикл. Тому, наприклад, скло, вкрите плівкою оксиду титану у формі анатазу, характеризується постійним антибактеріальним ефектом.

Відомо, що вільні радикали реагують фактично з будь-якими біомолекулами, дія їх направлена і на ДНК молекули. Наприклад, H_2O_2 – потенційний бактерицидний агент, може реагувати з Fe^{2+} і утворювати гідроксильний радикал ($OH^\cdot$), який окиснює і пошкоджує ДНК молекули [6].

Бактерицидна дія іонів важких металів у випадку каталітичного окиснення пояснюється наступним механізмом: каталітичне окиснення $\rightarrow$ реакція із клітинною мембраною $\rightarrow$ з'єднання із ДНК клітин.

5) Утворення альбумінатів на поверхні клітини.

Сполуки важких металів проявляють як антимікробну, так і характерну місцеву дію на тканини організму (в'язучу, подразнюючу, припікаючу). Іони важких металів денатурують протеїни клітин і тканин, утворюючи альбумінати. Важливу роль у протимікробному ефекті препаратів відіграє щільність утвореного альбумінату. Якщо альбумінат рихлий, іон металу може вільно проникати вглиб клітини, коагулюючи протеїни цитозоля. У порядку зниження щільності альбумінатів важкі метали розташовуються в наступній послідовності: $Pb > Al > Bi > Fe > Zn > Cu > Ag > Hg$.

Препарати солей металів, розташованих на початку ряду (ацетат свинцю, ацетат алюмінію; нітрат вісмуту основний та ін.) надають переважно в'язучу і слабку протимікробну дію, а в кінці ряду (аргентуму нітрат, гідраргірису дихлорид) – припікаючу і виражену антисептичну. Фармакологічний ефект залежить від того, наскільки сильно виражена денатурація протеїнів, яка, в свою чергу, визначається концентрацією іона і ступенем дисоціації солі: незначна концентрація викликає геліфікацію (ущільнення) протеїнів на поверхні клітини, тобто має в'язучу дію, а значна – подразнюючу і глибoku припікаючу дію аж до некрозу.

З урахуванням постійно зростаючого антропогенного забруднення навколишнього середовища важкими металами їх використання як біоцидних агентів потребує оцінки їх токсичності з врахуванням їх впливу на живі організми.

На думку Walter Seifritz [7], токсичність важких металів пов'язана з геометро-енергетичними характеристиками їх іонів, зокрема

електронегативністю та іонним радіусом, які можуть впливати на біологічну активність металів, наприклад, при утворенні ними комплексів у біологічних середовищах. Виходячи з цього, можна припустити, що із збільшенням атомної ваги має зростати токсичність металів, що відповідає зростанню їх електронегативності в межах кожного періоду. Втім автор [8] вказує на неможливість адекватної оцінки токсичності металів на основі лише геометро-енергетичних характеристики іонів.

З використанням накопичених експериментальних даних, щодо токсичності металів, здійснена порівняльна оцінка токсичності металів для організмів теплокровних тварин, а також встановлено зв'язок між отруйністю та фізико-хімічними властивостями металів та їх сполук. За ступенем токсичності ($DL50$ – середня доза речовини, яка викликає загибель половини членів дослідної групи) при введенні хлористих солей метали були розділені на три групи зі зниженням рівня токсичності у кожній наступній:

- 1) Hg, In, Tl, Au, As, Cd, V, Ba;
- 2) Mn, Co, Cu, Zn, Sn, Fe, Mo, W, Cs, Sr, U;
- 3) Ca, Li, K, Sm, Ce, Na, Mg.

При цьому стабільність комплексів металів зменшується в наступному ряду: $Fe > Ga > Cu > Ni > Pb > Y > Cd > Co > Mn > Ca$. Електронегативність також пов'язана зі стабільністю комплексів, яка є мірою реакції іонів металів з елементами клітинної мембрани.

При аналізі впливу геометро-енергетичних характеристик металів слід враховувати, що метали із змінною валентністю, піддаються в організмі відновленню та окисненню (наприклад, п'ятивалентний арсен відновлюється до більш токсичного тривалентного). В табл. 1 наведена характеристика молярної токсичності металів за даними [9]. Як видно з цих даних, найбільшою токсичністю для різних видів організмів при мінімальній молярній величині характеризується гідраргірум та аргентум.

Таблиця 1. – Характеристика молярної токсичності металів

Організми	Ряди токсичності
водорості	$Hg > Cu > Cd > Fe > Cr > Zn > Co > Mn$
гриби	$Ag > Hg > Cu > Cd > Cr > Ni > Pb > Co > Zn > Fe$
квіткові рослини	$Hg > Pb > Cu > Cd > Cr > Ni > Zn$
кільчасті черви	$Hg > Cu > Zn > Pb > Cd$
риби	$Ag > Hg > Cu > Pb > Cd > Al > Zn > Ni > Cr > Co > Mn > Sr$
ссавці	$Ag, Hg, Cd > Cu, Pb, Co, Sn, Be > Mn, Zn, Ni, Fe, Cr > Sr > Cs, Al$

В основу створення нових біоцидних матеріалів покладена ідея поєднання поліфункціональних склокошпозитивних покриттів з біоцидною дією катіонів металів з постійною і змінною валентністю.

Втім, як відомо, при експлуатації емальованих сталевих виробів вилугування іонів важких металів та металів змінної валентності є небезпечними для людського організму, тому необхідно враховувати їх

шкідливість, характер дії, токсичну концентрацію та клас небезпеки (табл. 2).

Таблиця 2. – Допустимі концентрації міграції компонентів при викупуванні в водних розчинах

ДКМ, мг/л для іонів	Нормативна база			
	СанПіН 42-123-4240	ГН 2.3.3.972	ГОСТ 24788-2001	ДСТУ 3276
Ba ²⁺	–	0,10	–	–
Be ²⁺	–	0,0002	–	–
Fe	0,30	0,30 ÷ 1,00	–	–
Cd*	–	0,001	–	–
Co ²⁺	0,10	–	0,1(1)	0,10
Mn*	0,10	0,10 ÷ 0,50	–	–
Cu*	–	1,00	0,10 ÷ 0,50	**
Mo*	–	0,25	–	–
As*	0,05	0,05	0,05	**
Ni*	0,10	0,10	0,10	0,10
Hg*	–	0,0005	–	–
Pb*	0,03	0,03	0,03	**
Se*	–	0,01	–	–
Sr ²⁺	–	7,00	–	–
Ti ⁴⁺	–	0,10	–	–
Cr*	0,10	–	0,10	0,10
Zn ²⁺	1,00	5,00	1,00	**

* – сумарний вміст іонів різної валентності; ** – не виявляється.

З врахуванням наведених даних як біоцидні агенти обрані катіони: II-A групи – Ca²⁺, Mg²⁺, Sr²⁺; IV-A групи – Sn⁴⁺; V-A групи – Sb⁵⁺; I-B групи – Cu²⁺, Ag⁺; II-B групи – Zn²⁺; IV-B групи – Ti⁴⁺; VI-B групи – Cr³⁺; VII-B групи – Mn²⁺; VIII-B групи – Co²⁺, Ni²⁺.

За основу була обрана титанвмісна фрита ЄСП-117 до складу якої вводили обрані біоцидні агенти у вигляді нанопорошків оксидів, титанатів, фосфатів, хлоридів, сульфатів металів та комплексних пігментів в кількості 0,1 ÷ 4 мас.%. Склокомпозиційні покриття отримували за шлікерною технологією на сталевих підкладках та визначали бактерицидну та фунгіцидну дію за вищенаведеною методикою.

Експериментально встановлено, що розробка склопокривів по сталям з антимікробним ефектом пролонгованої дії забезпечується за рахунок наявності у їх складі активних біоцидних агентів, ефективність інгібувальної дії яких визначається ефектом потенціювання при одночасному введенні катіонів цинку, купруму та кальцію та аніонів фосфатів та титанатів. Встановлено, що використання біоактивних фосфатів як посилюючих компонентів

біостатичної та біоцидної дії іонів важких металів засновано на їх секвестуючій здатності.

За рахунок введення до складу склопокривів 4 мас. % мікропорошку Zn₂TiO₄, одержаного методом спікання, досягається відмінна фунгіцидна активність, яка проявляється у зниженні приросту культур грибів *A.Niger* та *C.Albicans*, відносно росту культури більше ніж у 10 разів за час експозиції 14 діб при активному рості колоній з показником колоніє утворюючих одиниць (КУО) культури *E.Coli* 10⁷ кл/мл. Особливості зміни динаміки біоцидності склопокривів з вмістом Zn₂TiO₄, Zn₃(PO₄)₂, Cu₃(PO₄)₂ в умовах дії мікроорганізмів полягають у зниженні приросту показнику КУО патогенних мікроорганізмів зі збільшенням їх концентрації та часу експозиції на 90 % і визначається як відмінний бактерицидний ефект.

Ефективність застосування біологічно активних фосфатів кальцію як адсорбуючих агентів бактерицидних іонів цинку, використання яких забезпечує інтенсивний катіонний обмін, та, як наслідок, більш рівномірне розподілення катіонів у структурі склокомпозиційних покриттів підтверджена мікробіологічними дослідженнями.

Визначено, що забезпечення антимікробної дії склопокривів реалізується при введенні в 4,0 мас. % нанопорошків Ca₃(PO₄)₂, Zn₃(PO₄)₂, Cu₃(PO₄)₂ при співвідношенні 1:3:1, що виявляється у зниженні приросту культури бактерій *E.Coli* на 90 % відносно культури в умовах незначного росту колоній за час експозиції 24 год.

Встановлено, що відмінним антимікробним ефектом пролонгованої інгібувальної дії відносно *E. Coli*, *P. Auroginosa* і грибів *C. Albicans*, *A. Niger* характеризуються склопокривів забарвлення яких здійснюється пігментами, які містять CdS_xSe_y, ZnCr₂O₄ і CoCr₂O₄ та солей CuCl₂, MnCl₂ та NiSO₄ у кількості 0,1 – 1,0 мас. %. на 100 мас. % фрити [10].

Висновки.

Підтверджена ефективність використання металів постійної та змінної валентності при одержанні антимікробних склокомпозиційних покриттів. Забезпечення використання як біоцидів іонів важких металів в технології емалювання у визначених концентраціях відповідає нагальним вимогам екологічної безпеки навколишнього середовища.

Список літератури

1. Саввова О.В. Исследование биоцидных свойств стеклокристаллических покрытий на основе стекол системы R₂O – RO – TiO₂ – P₂O₅ – R₂O₃ – SiO₂ / О.В. Саввова, Л.Л. Брагина // Стекло и керамика. – М.: Ладья, 2012. – №1. – С. 20–25.
2. Мур Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах / Дж. В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 286 с.
3. Eckhard Vob. Evaluation of bacterial growth on various materials / Vob Eckhard, Storch Christian // Proc of 20th International Enameller Congress, 15-19 may, 2005. – Istanbul, Turkey, 2005. – P. 194–210.
4. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.007-76 (1999). –

[Действителен от 1977-01-01]. – М.: Изд. стандартов, 1976. – 15 с.

5. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа: уч. пособие [для студ ВУЗов] / под ред. ак. РАН В.В. Лунина. – М.: Изд. центр. «Академия», 2003. – С. 150–171.
6. Курбанов А.И. Антиоксидантные ферменты микроорганизмов: патогенетическая значимость и перспективы использования в медицине / А.И. Курбанов // Международный медицинский журнал. – М: МНП. – 2008. – № 2. – С. 105–109.
7. Fritsch B. Towards an ecologically sustainable growth society. Physical Foundations, Economic, Transitions, and Political Constraints / Fritsch B., Seifritz W., Schmidciny St. – Heidelberg: Springer-Velag Berlin, 1994. – 197 p.

8. Секреты токсикологии: [пер. с англ.] / Линг Луис Дж., Кларк Ричард Ф., Эриксон Тимоти [и др.]. – М.: Бином; СПб: Дialect, Ульянов: Дом печати, 2006 – 376 с.
9. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов: [пер. с англ.] / Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э. [и др.]. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
10. Саввова О.В. Влияние катионов переменной валентности на биоцидные свойства стекломалевок покрытий / О.В. Саввова, Л.Л. Брагина // Стекло и керамика. – М.: Ладья, 2013. – №2. – С. 23–28.
- [Deystvitelen ot 1977-01-01]. – М.: Izdat-vo standartov, 1976. – 15 p.
5. Bayramov V.M. Osnovy khimicheskoy kinetiki i kataliza: uch. posobie [dlya stud VUZov] / pod red. ak. RAN V.V. Lunini. – М.: Izd. tsentr. «Akademiya», 2003. – P. 150–171.
6. Kurbanov A.I. Antioksidantnye fermenty mikroorganizmov: patogeneticheskaya znachimost' i perspektivy ispol'zovaniya v meditsine / A.I. Kurbanov // Mezhdunarodnyy meditsinskiy zhurnal. – М.: MNPI. – 2008. – № 2. – P. 105–109.
7. Fritsch B. Towards an ecologically sustainable growth society. Physical Foundations, Economic, Transitions, and Political Constraints / Fritsch B., Seifritz W., Schmidiny St. – Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 1994. – 197 p.
8. Секреты токсикологии: [пер. с англ.] / Линг Луис Дж., Кларк Ричард Ф., Эриксон Тимоти [и др.]. – М.: Бином; Санкт-Петербург: Дialect, Ульянов: Дом печати, 2006 – 376 с.
9. Nekotorye voprosy toksichnosti ionov metallov: [пер. с англ.] / Bingham F.T., Kosta M., ykhenberger E. [et al.]. – М.: Мир, 1993. – 368 p.
10. Savvova O.V. Vliyanie kationov peremennoy valentnosti na biotsidnye svoystva stekloemalevykh pokrytiy / O.V. Savvova, L.L. Bragina // Steklo i keramika. – М.: Lad'ya, 2013. – №2. – P. 23–28.

References (transliterated)

1. Savvova O.V. Issledovanie biotsidnykh svoystv steklokristallicheskiykh pokrytiy na osnove stekol sistemy $R_2O - RO - TiO_2 - P_2O_5 - R_2O_3 - SiO_2$ / O.V. Savvova, L.L. Bragina // Steklo i keramika. – М.: Lad'ya, 2012. – №1. – P. 20–25.
2. Mur Dzh. V. Tyazhelye metally v prirodnykh vodakh / Dzh. V. Mur, S. Ramamurti. – М.: Mir, 1987. – 286 p.
3. Eckhard Vob. Evaluation of bacterial growth on various materials / Vob Eckhard, Storch Christian // Proc. of 20th International Enameller Congress, 15-19 may, 2005. – Istanbul, Turkey, 2005. – P. 194–210.
4. SSBT. Vrednye veshchestva. Klassifikatsiya i obshchie trebovaniya bezopasnosti: GOST 12.1.007-76 (1999). –

Поступила (received) 10.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження впливу іонів важких металів у складі склокомпозиційних покриттів на патогенні мікроорганізми / О. В. Саввова, А. І. Фесенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 57–61. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследование влияния ионов тяжелых металлов в составе стеклокомпозиционных покрытий на патогенные микроорганизмы / О. В. Саввова, О. І. Фесенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 57–61. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Investigation of the effect of heavy metal ions in the composition of glass-composite coatings on pathogenic microorganisms / O. Savvova, O. Fesenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18(1240). – p. 57–61. Bibliog.: 10 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Саввова Оксана Вікторівна – доктор технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net.

Саввова Оксана Вікторівна – доктор технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший научный сотрудник кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net.

Savvova Oksana – Doctor of Technical Sciences, Associate professor, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Senior research officer at the Department of the Ceramics, Refractories, Glass and Enamel Technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net.

Фесенко Олексій Ігорович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru.

Фесенко Алексей Игоревич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (050) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru.

Fesenko Oleksii – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», postgraduate student the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru.

УДК 628.35

О. В. САВВОВА, Е. В. БАБИЧ, А. И. ФЕСЕНКО, И. В. ЗИНЧЕНКО

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА АКТИВНЫЙ ИЛ КОМПЛЕКСА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ «БЕЗЛЮДОВСКИЙ» Г. ХАРЬКОВ

Определен высокий уровень риска загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами. Проанализировано влияние ионов тяжёлых металлов на микроорганизмы активного ила в процессе очистки городских и промышленных сточных вод. Исследовано изменение дегидрогеназной активности микроорганизмов активного ила при его взаимодействии с растворами, содержащими катионы тяжёлых металлов. Установлено токсическое воздействие катионов олова, серебра и кадмия на микроорганизмы активного ила. Подтверждена безопасность использования в качестве биоцидного агента в составе стекломатериалов оксида цинка.

Ключевые слова: активный ил, дегидрогеназная активность, тяжёлые металлы, экологическая безопасность.

Проанализовано вплив іонів важких металів на мікроорганізми активного мулу в процесі очищення міських та промислових стічних вод. Досліджено зміну дегидрогеназної активності мікроорганізмів активного мулу при його взаємодії з розчинами, які містять катіони важких металів. Встановлено токсичну дію катіонів стануму, аргентуму і кадмію на мікроорганізми активного мулу. Встановлено можливість використання в якості біоцидного агента у складі скломатеріалів оксиду цинку.

Ключові слова: активний мул, дегидрогеназна активність, важкі метали, екологічна безпека.

The effect of heavy metal ions on the microorganisms of activated sludge in the process of cleaning urban and industrial wastewater was analyzed. The change in the dehydrogenase activity of microorganisms of activated sludge during its interaction with solutions containing cations of heavy metals was investigated. The toxic effect of cations of tin, silver and cadmium on the microorganisms of activated sludge was established. The prospects of using zinc oxide as a biocidal agent, which has a negligible impact on the biota and will reduce the technogenic burden on the ecosystem as a whole, has been established. The safety of using as a biocidal agent in the composition of glass materials of zinc oxide was confirmed.

Keywords: activated sludge, dehydrogenase activity, heavy metals, environmental safety.

Введение

Проблемы экологической безопасности за последнее время привлекают значительное внимание общества. Техногенная нагрузка на среду обитания при современном уровне производства в будущем может иметь катастрофические последствия [1].

Тяжёлые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдение за которыми обязательно во всех средах (табл. 1). По одной из классификаций, на сегодняшний день к тяжёлым металлам относят более 40 элементов периодической системы, при этом оценивается их высокая токсичность для живых организмов при относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биоматрификации [2].

Таблица 1. Распределение источников экологической опасности и риска по их вкладу на техногенную нагрузку в среду обитания

Источники экологической опасности и риска	Относительная доля, %
Тяжелые металлы и мышьяк	28
Органические токсиканты	27
Смешанные отходы (органические и неорганические)	20
Пестициды	15
Радионуклиды	6
Газы (диоксид серы, оксид азота и др.)	3
Микроорганизмы, созданные генной инженерией	1

Комплексный подход в проведении биологического мониторинга при систематическом наблюдении позволяет судить о перспективах изменения структуры сообществ, продуктивности

популяций и устойчивости экосистем по отношению к антропогенным факторам.

В настоящее время для определения токсичности сточных вод, загрязнённых, в том числе тяжёлыми металлами, применяются как физико-химические методы, так и методы биологического контроля среды [3].

Как правило, в литературе [4] описано действие тяжёлых металлов на жизнедеятельность отдельных микроорганизмов, которое изучается в лабораторных условиях без учёта условий работы реальных очистных сооружений. Полученные данные о токсичности тех или иных металлов зачастую носят противоречивый характер. Достоверная информация о действии таких веществ на состояние биомассы активного ила (АИ), полученная для условий конкретных очистных сооружений, является необходимой и актуальной.

Различные модификации очистки сточных вод активным илом в системе биологических очистных сооружений являются самыми распространёнными и по производительности наиболее совершенными среди процессов очистки городских и промышленных стоков сложного химического состава. Проведённые ранее авторами [5] исследования на очистных сооружениях показали, что губительное действие на свойства АИ оказывают концентрации веществ в диапазоне $1 \div 5$ мг/дм³. В связи с этим исследования проводились при усреднённой концентрации 3 мг/дм³. По результатам исследований проведено сравнение токсического действия металлов $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ марки «хч». на АИ и предложен ряд токсичности металлов: $\text{Cr} < \text{Zn} < \text{Cu}$.

Установлено, что снижение концентрации ионов меди в сточных водах в результате биологической очистки достигает 88 %.

В аэробной зоне во всех случаях происходит увеличение значения pH среды, что оказывает благоприятный эффект на процессы биохимической очистки. Активный ил, регулярно подвергаемый воздействию солей металлов, имеет высокую степень адаптации.

Проведённые исследования позволили получить достаточное количество информации о состоянии и свойствах АИ. Это позволит в дальнейшем прогнозировать эффективность биологической очистки при различных техногенных нагрузках, а также вовремя принимать соответствующие меры для снижения токсичного воздействия на АИ, и в последующем восстановить количественный и качественный состав биомассы.

В работе [6] рассмотрено влияние ионов тяжёлых металлов Cr^{6+} , Ni^{2+} на микрофлору биоплёнки, полученной на основе микроорганизмов адаптированного активного ила в слое загрузки лабораторного биофильтра. Следует отметить, что для микроорганизмов биоплёнки в настоящих исследованиях критические концентрации токсикантов, ингибирующих биологические процессы, составили $3 \div 5$ мг/дм³, в отличие от АИ, для которого ингибирующий эффект отмечался при концентрации токсикантов свыше 6 мг/дм³, а в определенных случаях до 18 мг/дм³. Исходя из результатов оценки дегидрогеназной активности микроорганизмов биоплёнки выявлено, что добавление ионов Ni^{2+} в количествах до 3 мг/дм³ в систему биофильтрации сточных вод приводит к развитию гетеротрофной микрофлоры; однако, процесс нитрификации в этом случае развит слабо.

Количественно оценено токсическое влияние хрома и никеля на микроорганизмы биоплёнки. Показано, что микроорганизмы-нитрификаторы наиболее чувствительны к воздействию тяжёлых металлов, и на их адаптацию требуется большее время.

Выявлено, что ионы Cr^{6+} оказывают подавляющее действие на процесс нитрификации в биоплёнке. Наличие тяжёлых металлов меди и железа в сточных водах оказывает непосредственное токсическое действие на АИ при очистке в режиме продлённой аэрации при концентрациях более 10 мг/дм³, хотя в сообществе микроорганизмов АИ есть формы, устойчивые к концентрации меди, в субстрате, до 100 мг/дм³. Жизнеспособность клеток микроорганизмов активного ила сохраняется при концентрациях в сточных водах, очищаемых в режиме продлённой аэрации, в том числе и при периодических залповых концентрациях. Однако степень очистки сточных вод от ионов меди по сравнению с контрольным вариантом ниже [6].

На сегодняшний день в связи с распространением эпидемий различной этиологии важным является получение новых видов материалов, характеризующихся биоцидными свойствами. Наиболее перспективными среди них,

благодаря своей нетоксичности и высокой химической стойкости, являются стекломатериалы. Биоцидные свойства данных материалов могут быть обеспечены за счёт введения в их состав тяжёлых металлов, которые ингибируют ферментативную активность патогенных микроорганизмов. Возможность их применения реализуется при одновременном обеспечении высоких антибактериальных характеристик, и санитарно-гигиеническими норм, в частности, их допустимые концентрации миграции (ДКМ) должны находиться в пределах допустимых норм. Поэтому, в рамках создания антибактериальных стекломатериалов необходимым является установление влияния токсического действия тяжёлых металлов, выщелачиваемых из материала в водные растворы при очистке сточных вод.

Массовое применение тяжёлых металлов, в том числе в качестве биоцидных агентов, может привести к их попаданию в сточные воды, что в свою очередь может вызывать патологические нарушения строения и работы внутренних систем и органов живых организмов, среды их обитания [1].

Цель работы – исследование влияния соединений тяжёлых металлов по отношению к микроорганизмам активного ила сооружений очистки сточных вод.

Методика проведения эксперимента. Одним из индикаторов загрязнения сточных вод является снижение исходной дегидрогеназной активности (ДГА) ила. Установлено, что токсичной для процессов биологической очистки воды является такая концентрация токсикантов, при которой ДГА ила снижается на 20 % [7].

1. Выбор соединений тяжёлых металлов

В качестве металлов-токсикантов были выбраны, наиболее распространённые, катионы Zn^{2+} , Sn^{4+} , Ag^{+1} , Cd^{2+} , применяемые в стекольной технологии для придания биоцидных свойств. Для получения растворов с исходной концентрацией $Zn^{2+} = 1$ мг/л, $Sn^{4+} = 0,1$ мг/л, $Ag^{+1} = 0,01$ мг/л, $Cd^{2+} = 0,001$ мг/л, соответствующей ДКМ в качестве соединений были выбраны ZnO , SnO , $AgNO_3$, $CdSe$ [8].

2. Биотест – микроорганизмы активного ила.

Активный ил – биоценоз зоогенных скоплений (колоний) бактерий и простейших организмов, который представляет собой взвешенную в воде активную биомассу, осуществляющую процесс очистки сточных вод в аэробных био-окислителях. Он формируется под влиянием химического состава обрабатываемой сточной воды, растворенного в ней кислорода, температуры, pH и окислительно-восстановительного потенциала. Представляет собой хлопья светло-серого, желтоватого или темно-коричневого цвета, густо заселённые микроорганизмами, заключёнными в слизистую массу. Биотестовый образец АИ был отобран из регенератора аэротенка комплекса биологической очистки «Безлюдовский». Концентрация активного ила по сухому веществу составляла 4 г/л.

3. Метод исследования. Токсичные свойства исследуемых образцов определялись по ДГА микроорганизмов АИ в лаборатории городских и производственных сточных вод Украинского научно-исследовательского института экологических проблем (г. Харьков).

Определение основано на способности ферментов микроорганизмов – дегидрогеназ восстанавливать за счёт дегидрирования субстрата бесцветный трифенилтетразолийхлорид (ТТХ) до формазана (трифенилформазана), имеющего темно-красный цвет. Трифенилтетразолийхлорид играет роль акцептора водорода, переносимого от окисляемых субстратов ферментами – дегидрогеназами [9]. Дегидрогеназы высоко чувствительны к действию токсинов, в присутствии которых их активность снижается. Это позволяет путем сравнения количества восстановленного дегидрогеназами АИ ТТХ в опытах и контроле оценить степень токсичности исследуемого вещества.

4. Условия и проведение исследования. В стеклянную центрифужную пробирку к 10 мл воды, смешанной с исследуемым образцом, добавляли 1 мл 0,5 %-ного водного раствора ТТХ и 1 мл иловой жидкости и, с целью ускорения процесса, добавляли 1 мл 0,5 %-ного раствора пептона. Одновременно готовили две контрольные пробы, которые содержали те же компоненты, но без исследуемого образца, взамен добавляют 10 мл водопроводной воды (контроль активного ила $K_{a.и.}$) и те же компоненты, с исследуемым образцом, но без добавления иловой жидкости ($K1$ (ZnO), $K2$ (SnO), $K3$ ($CdSe$) и $K4$ ($AgNO_3$)). Пробирки, перемешивали содержимое пробирки стеклянной палочкой, закрывали резиновыми пробками и устанавливали на инкубацию в термостат при температуре 37 ± 1 °C. Время экспозиции – 40 минут. По истечению инкубации пробирки центрифугировали 3 минуты при 3000 об/мин, надосадочную жидкость сливали, к осадку добавляли по 10 мл этанола, тщательно перемешивали и отстаивали 10 минут до обесцвечивания осадка. После чего вновь центрифугировали пробирки 3 минуты при 3000 об/мин. Надосадочную жидкость сливали и определяли её оптическую плотность на фотоколориметре ФЭК-М, при $\lambda = 440$ нм, чувствительности = 2, в кюветах – 5,0 мм. По полученным результатам, соответствующим длине волны (D), по калибровочному графику находили соответствующие значения формазана (Cx, мг).

Для построения калибровочной кривой в 50 мл мерные колбы вносили 15, 10, 5, 2,5 и 1 мл основного раствора, что соответствовало концентрациям 30, 20, 10, 5 и 2 мг формазана в 1 л спирта. Объёмы растворов доводили до метки спиртом и перемешивали.

Измеряя оптическую плотность растворов на фотоэлектроколориметре, строили калибровочную кривую зависимости оптической плотности от концентрации формазана, мг/л (рис. 1).

Концентрацию формазана рассчитывали по формуле (1), а общую ДГА (мг/л) рассчитывали по формуле (2):

$$Cx = (41,224 \cdot D + 0,0362) \cdot 25 / V_{пр}, \quad (1)$$

где Cx – концентрация формазана, мг/л;
D – оптическая плотность;
 $V_{пр}$ – объём пробы, мл.

$$ДГА = C \cdot P \text{ мг/л}, \quad (2)$$

где Cx – концентрация формазана, мг/л;
P – разведение (принимается $P = 1$).

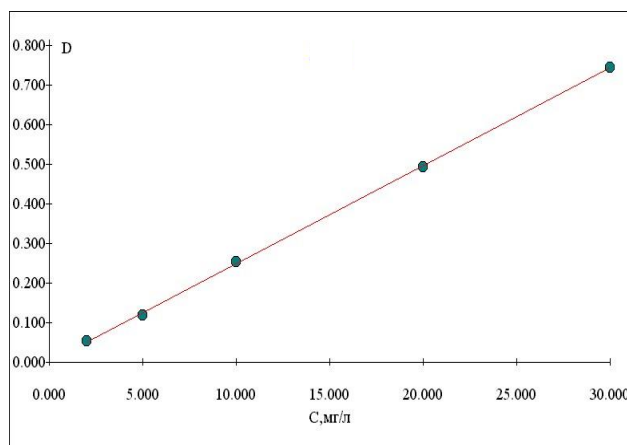


Рис. 1. Калибровочная кривая зависимости длины волны от концентрации формазана

Результаты эксперимента и их обсуждение.

Отсутствие окраски в опытной пробирке или уменьшение ее интенсивности по сравнению с контролем ($K_{a.и.}$) свидетельствовало о наличии токсичного действия испытуемого образца на микроорганизмы активного ила. Результаты исследований и обсуждения В контрольной пробе активного ила ($K_{a.и.}$) содержание ДГА соответствует максимальным значениям (табл.1), что свидетельствует о достаточно высокой ферментативной активности микроорганизмов активного ила. Визуально отмечалось окрашивание пробы в яркий малиновый цвет.

Таблица 2. Дегидрогеназная активность активного ила после взаимодействия с опытными образцами и контрольных образцов

№	D, нм			Cx, мг формазана в 1 г ила				ДГА, %
	1	2	3	1	2	3	Σср	
1	0,950	1,000	1,000	39,20	41,26	41,26	40,57	1,7
2	0,750	0,740	0,745	30,95	30,54	30,55	30,68	25,6
3	0,075	0,075	0,075	3,13	3,13	3,13	3,13	92,1
4	0,900-0,120*)	0,950-0,120*)	0,950-0,120*)	32,19	34,25	34,25	33,56	19,7
K1	0	0	—	—	—	—	—	—
K2	0	0	—	—	—	—	—	—
K3	0	0	—	—	—	—	—	—
K4	0,120	0,120	—	4,98	4,98	—	4,98	—
$K_{a.и.}$	1,000	1,000	1,050	41,26	41,26	41,26	41,26	—

*длина волны исходного раствора CdSe

При контакте активного ила с образцом №1, содержащим ZnO, ДГА практически не изменилась. Проба также была малинового цвета. Для образцов №2 и 3 содержащих SnO и CdSe соответственно, ДГА снизилась незначительно, что свидетельствует об угнетении ферментативной активности микроорганизмов ила и снижении интенсивности окраски раствора.

Следует отметить, что на интенсивность окраски образца №4 содержащего CdSe оказал влияние изначально окрашенный раствор, что было учтено при расчёте ДГА. В образец содержащем AgNO₃, наблюдалось самое значительное снижение ДГА по сравнению с контролем, что свидетельствует о высокой токсичности активного вещества на микроорганизмы АИ. Визуально раствор был окрашен в слабобордовый цвет. Высокие значения ДГА могут быть объяснены значительной

токсичностью катиона Ag⁺ в растворе на микроорганизмы активного ила.

Выводы.

Исследовано влияния соединений тяжёлых металлов по отношению к микроорганизмам активного ила.

Установлено, что растворы, содержащие AgNO₃, SnO и CdSe оказали токсическое воздействие на микроорганизмы активного ила, что указывает на их возможное негативное влияние на окружающую среду.

По результатам исследований перспективным для использования в качестве биоцидного агента является ZnO, который оказывает незначительное влияние на биоту и позволит снизить техногенную нагрузку на экосистему в целом.

Список литературы

1. Тарасов А.В. Основы токсикологии: учебное пособие [для студентов вузов ж.-д. транспорта.] / А.В. Тарасов, Т.В. Смирнова. – М.: Маршрут, 2006. – 160 с.
2. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева [и др.]. – М.: Издательский центр «Академия». 2007. – 288 с.
3. Халилова А.А. Биоиндикация процесса очистки металлсодержащих сточных вод в условиях непрерывного культивирования биопленки / А.А. Халилова, А.В. Яковлева, А.С. Сироткин // Вестник Казанского технологического университета. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет. 2012. – № 16. – Т 15. – С. 191–194.
4. Бугаева Т.В. Влияние структуры поверхности микроорганизмов на процессы биосорбции ионов металлов из растворов / Т.В. Бугаева, Е.Е. Зинурова // Вода: химия и экология. 2010. – №1. – С. 21–26.
5. Хмарская Л.А. Исследование влияния некоторых тяжелых металлов на активный ил очистной станции г. Алчевска / Л.А. Хмарская, Л.А. Доманская // Харчова наука і технологія. Технологія і безпека продуктів харчування. – Одеса: Євротройз. 2013. – № 3 (24). – С. 73–77.
6. Фролова С.И. Влияние тяжелых металлов на активный ил при очистке сточных вод в режиме продленной аэрации / С.И. Фролова, Г.А. Козлова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Серия: Химическая технология и биотехнология. – Пермь: Перм. гос. техн. ун-т. 2010. – № 11. – С. 182–191.
7. Шаталаев И.Ф. Влияние β-лактамовых антибиотиков на дегидрогеназную активность активного ила / И.Ф. Шаталаев, З.Е. Мащенко, А.В. Воронин, [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. – № 1(8). – С. 2157–2160. 8. Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами: Гигиенические нормативы. – М.: Федеральный центр гос-анэпиднадзора Минздрава России, 2000. – 55 с.

9. МДК 3-01.2001. Методические рекомендации по расчёту количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населённых пунктов. – Введ. 04. 06.01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 32 с.

References (transliterated)

1. Tarasov A.V. Osnovy toksikologii: uchebnoe posobie [dlya studentov vuzov zh.-d. transporta.] / A.V. Tarasov, T.V. Smirnova. – M.: Marshrut, 2006. – 160 p.
2. Melekhova O.P. Biologicheskij kontrol' okruzhayushchey sredy: bioindikatsiya i biotestirovanie: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy / O.P. Melekhova, E.I. Egorova, T.I. Evseeva [et al.]. – M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya». 2007. – 288 p.
3. Khalilova A.A. Bioindikatsiya protsessa ochistki metallsoedержashchikh stochnykh vod v usloviyakh nepreryvnogo kul'tivirovaniya bioplenki / A.A. Khalilova, A.V. Yakovleva, A.S. Sirotkin // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. Kazan': Kazanskiy natsional'nyy issledovatel'skiy tekhnologicheskij universitet. 2012. – № 16. – Т 15. – P. 191–194.
4. Bugaeva T.V. Vliyanie struktury poverkhnosti mikroorganizmov na protsessy biosorbtsii ionov metallov iz rastvorov / T.V. Bugaeva, E.E. Zinurova // Voda: khimiya i ekologiya. 2010. – №1. – P. 21–26.
5. Khmarskaya L.A. Issledovanie vliyaniya nekotorykh tyazhelykh metallov na aktivnyy il ochistnoy stantsii g. Alchevska / L.A. Khmarskaya, L.A. Domanskaya // Harchova nauka i tekhnologiya. Tekhnologiya i bezpeka produktiv xarchuvannya. – Odessa: Yevrotrajz. 2013. – № 3 (24). – P. 73–77.
6. Frolova S.I. Vliyanie tyazhelykh metallov na aktivnyy il pri ochistke stochnykh vod v rezhime prodlennoy aeratsii / S.I. Frolova G.A. Kozlova // Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Seriya: Khimicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya. – Perm': Perm. gos. tekhn. un-t. – 2010. – № 11. – P. 182–191.
7. Shatalaev I.F. Vliyanie β-laktamnykh antibiotikov na degidrogenaznuyu aktivnost' aktivnogo ila / I.F. Shatalaev, Z.E. Mashchenko, A.V. Voronin, [et al.]. // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2010. T. 12. – № 1(8). – P. 2157–2160.

8. Predel'no dopustimye kolichestva khimicheskikh veshchestv, vydelyayushchikhsya iz materialov, kontaktiruyushchikh s pishchevymi produktami: Gигиенические нормативы. – М.: Federal'nyy tsentr gos-anepidnadzora Minzdrava Rossii, 2000. – 55 p.
9. MDK 3-01.2001. Metodicheskie rekomendatsii po raschetu kolichestva i kachestva prinimaemykh stochnykh vod i zagryaznyayushchikh veshchestv v sistemy kanalizatsii naselennykh punktov. – Vved. 04. 06.01. – М.: Izd-vo standartov, 2001. – 32 p.

Поступила (received) 10.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Влияние ионов тяжелых металлов на активный ил комплекса биологической очистки «Безлюдовский» г. Харьков / О. В. Савцова, Е. В. Бабич, А. И. Фесенко, И. В. Зинченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 62–66. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2220-4784.

Влияние ионов тяжелых металлов на активный ил комплекса биологической очистки «Безлюдовский» г. Харьков / О. В. Савцова, О. В. Бабич, О. И. Фесенко, И. В. Зинченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 62–66. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2220-4784.

Effect of heavy metal ions on the active sludge of the biological treatment complex «Bezlyudovsky», Kharkiv / O. Savvova, O. Babich, O. Fesenko, I. Zinchenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18 (1240). – P. 62–66. Bibliog.:9 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Савцова Оксана Вікторівна – доктор технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net.

Савцова Оксана Викторовна – доктор технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший научный сотрудник кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net.

Savvova Oksana – Doctor of Technical Sciences, Associate professor, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Senior research officer at the Department of the Ceramics, Refractories, Glass and Enamel Technology; tel.: (050) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net.

Бабіч Олена Вікторівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: lenysjababich@ukr.net.

Бабич Елена Викторовна – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», научный сотрудник кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: lenysjababich@ukr.net.

Babich Olena – candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Research officer the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: lenysjababich@ukr.net.

Фесенко Олексій Ігорович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru.

Фесенко Алексей Игоревич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru.

Fesenko Olexsii – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», postgraduate student the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru.

Зинченко Ирина Васильевна – НДУ «Науково-дослідний інститут екологічних проблем», науковий співробітник лабораторії міських і виробничих стічних вод, тел.: (057) 702-16-07; e-mail: iz5454@mail.ru.

Зинченко Ирина Васильевна – НИУ «Научно-исследовательский институт экологических проблем», научный сотрудник лаборатории городских и производственных сточных вод, тел.: (057) 702-16-07; e-mail: iz5454@mail.ru.

Zinchenko Irina – Research institution «Scientific Research Institute of Environmental Problems», Research officer of the laboratory of urban and industrial wastewater; tel.: (057) 702-16-07; e-mail: iz5454@mail.ru.

УДК 544.971.2

Г. О. САБАДОШ**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН КАРАГІНАНІВ ПРИ ГЕЛЕУТВОРЕННІ МЕТОДОМ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ**

В статті наведені дослідження модельних систем на основі карагінанів. Для цього використовуються методи ІЧ-спектроскопії, які дозволяють визначити умови комплексоутворення білків і карагінанів. Наведені результати ІЧ-спектроскопічних досліджень, свідчать про виражені трансконформаційні зміни. Таким чином, на основі отриманих даних інфрачервоних спектрів можна стверджувати, що величина іонної сили та іонний склад впливають на конформаційний стан карагінанів та визначають процеси гелеутворення. Установлено виражену здатність до комплексоутворення капа-карагінану з білками молока у присутності іонів кальцію.

Ключові слова: гелеутворення, карагінан, модельні системи, комплексоутворення, трансконформаційні зміни, інфрачервоні спектри.

В статье приведены исследования модельных систем на основе каррагинана. Для этого использовали методы инфракрасной спектроскопии, которые позволили определить условия комплексообразования белков и каррагинана. Приведенные результаты исследований инфракрасной спектроскопии свидетельствуют о проявленных трансконформационных изменениях. Таким образом, на основании полученных данных инфракрасных спектров можно утверждать, что величина ионной силы и ионный состав влияют на конформационное состояние каррагинанов и определяют процессы гелеобразования.

Ключевые слова: гелеобразование, каррагинан, модельные системы, комплексообразование, трансконформационные изменения, инфракрасные спектры.

The article deals with the research of modeling systems based on carrageenans. For various technological factors, methods of infrared spectroscopy are used which allow to determine the conditions of complex formation of proteins and carrageenans. The results of IR spectroscopic studies indicate the pronounced transconformation changes. Thus, based on the data obtained from the infrared spectra, it can be argued that the magnitude of the ionic strength and ionic composition influence the conformational state of the carrageenans and determine the gelation processes. The expressed ability to form kappa-carrageen formation with milk proteins in the presence of calcium ions is established.

Key words: gel formation, carrageenan, model systems, complex formation, transconformation changes, infrared spectra.

Вступ.

Карагінан широко використовується в різних галузях харчової промисловості за рахунок його високих функціональних властивостей гелеутворювача, а також у складі різних композицій із метою зменшення синерезису або збільшення міцності гелю. Карагінан одержують екстрагуванням із червоних водоростей: фуцелярії, філофори, хондруса, еухеуми, гігартини, анфельції та ін. [1]. Карагінани – сульфатовані галактани, що містять D-галактозу і її похідні, залишки яких регулярно чергуються 1-4 і 1-3 зв'язками [1].

Гелеутворюючі властивості карагінанів залежать від їхньої хімічної структури, концентрації полімеру, природи полімеру, природи катіона, що додається, температури розчину. Гелеутворення для карагінанів, на відміну від агару, зумовлено специфічною взаємодією з певними катіонами [2]. Розрізняються карагінани за вмістом у них 3,6-ангідрогалактози й етерифікованих сульфатних груп.

У складі карагінанів присутні сполуки вуглеводного характеру (D-галактоза й 3,6-ангідрогалактоза), азотисті та мінеральні речовини. Загальний вміст азотистих речовин коливається в межах 0,1...5%. Вміст мінеральних речовин у карагінанах у середньому складає 21,2...27%.

Відомі два види карагінану, які утворюють гелі, – це капа-карагінан і йота-карагінан [3]. Завдяки властивостям комплексоутворення із білками

молока, збільшується міцність гелю та забезпечується дія захисного колоїду стосовно казеїну за рН нижче ізоелектричної точки. Це дозволяє здійснювати теплову обробку казеїну без згортання й появи крупчастості [4]. Як загусник із карагінанів використовують лямбда-карагінан, який, при взаємодії з казеїном покращує в'язкість, а підвищена концентрація попереджує синерезис, що дозволяє знизити вміст жиру й сухих речовин у продукті [4]. Лямбда-карагінан використовують для загущення й стабілізації швидкорозчинних порошкоподібних молочних продуктів. Молочні продукти, що містять карагінан, не вимагають гомогенізації під час виробництва, а присутність лямбда-карагінану надає їм структури мусу [5].

Для дослідження модельних систем на основі карагінанів за різних технологічних чинників використовуються методи ІЧ-спектроскопії, які дозволяють визначити умови комплексоутворення білків і карагінанів та вплив на процес кількісного та якісного іонного складу. З урахуванням того, що іонний склад молока складається з одновалентних і полівалентних іонів, нами на модельних системах досліджено взаємодію йота-карагінану з хлоридами натрію та кальцію і визначено вплив молока та казеїну на його перетворення в процесі гелеутворення методом інфрачервоної спектроскопії (ІЧ-спектроскопії).

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

Проведено дослідження взаємодії йота-карагінану з хлоридом натрію в концентрації 0,1...0,3%. З урахуванням того, що, з одного боку, хлорид натрію підвищує сольобілізацію білків продуктів, а з іншого – є вираженим вологозв'язуючим агентом, нами під час аналізу ІЧ-спектрів (рис. 1) в області 3300...3380 cm^{-1} установлено, що додавання хлориду натрію в зазначених кількостях не приводить до зменшення смуги поглинання –ОН груп, що могло статись лише за умови, якби гідроксильні групи могли зв'язуватися динамічними зв'язками з іонами натрію. Це є опосередкованим свідченням, що за цих концентрацій хлорид кальцію не є дегідратуючим агентом по відношенню до йота-карагінану та суттєво не впливає на конформацію молекул у розчиннику. [9]

Викладання основного матеріалу досліджень.

ІЧ-спектроскопія караганів, які досліджувалися, свідчить, що в їх складі, імовірно, є домішки азотовмісних речовин, про що свідчить

широка смуга за рахунок валентних коливань –NH в –NH₂ (3500...3300 cm^{-1} та одночасного деформаційного коливання –NH в 1650...1590 cm^{-1} .

Одночасна присутність цих смуг поглинання є підтвердженням наявності домішок азотовмісних речовин. За цих передумов у разі додавання хлориду натрію можливе виникнення зв'язків «кисень–метал», що може суттєво впливати на структуроутворення. Також можливе заміщення двовалентних металів на одновалентні, результатом чого є міжланцюгова деполімеризація і, як наслідок, підвищення рухливості моноланцюгів полісахариду, що може бути причиною більш щільної їх «упаковки» і зміни структури гелів.

У ході вивчення системи «йота-карагінан–хлорид натрію» нами відмічено зміни коливань спектроскопії в області 1300...1539 cm^{-1} і зроблено припущення, що вони зумовлені конфірмаційними змінами полімерного ланцюга макромолекули карагану. Градієнт зміни структури карагану включає в себе не тільки конфірмаційні зміни, але й зумовлений ними перерозподіл фізичних зв'язків та координаційних взаємодій. (рис. 1).

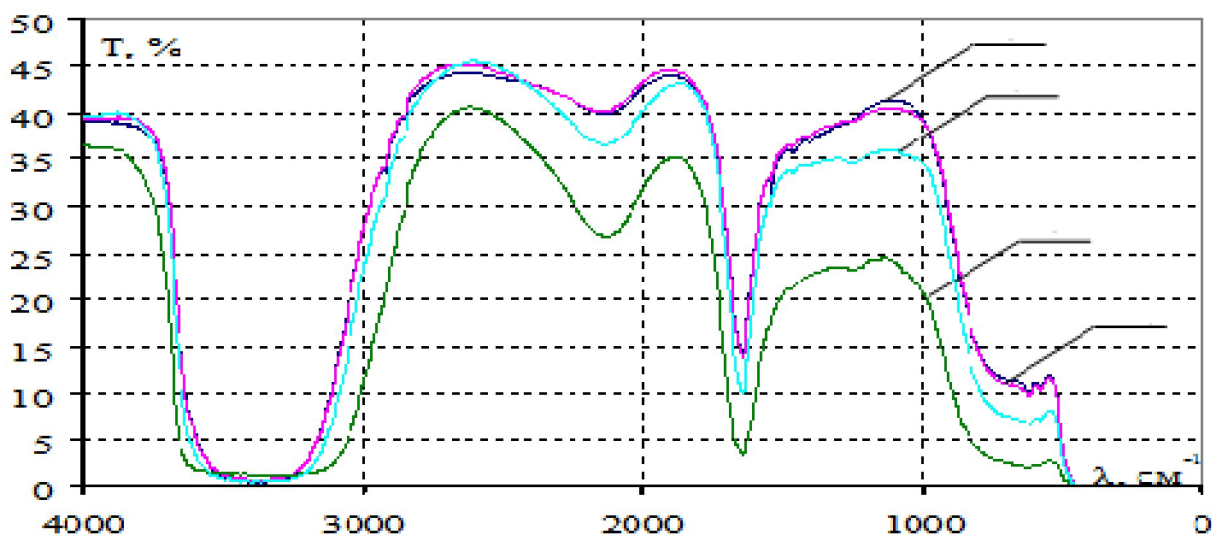


Рис. 1 Інфрачервоні спектри розчину йота-карагінану (0,4%) з різними концентраціями хлориду натрію: 1, 2, 3, 4 – 0; 0,1; 0,2; 0,3% відповідно

Під час послідовного співставлення ІЧ-спектрів «йота-карагінан–хлорид натрію» з ІЧ-спектрами йота-карагінану маємо конфірмаційні зміни пов'язані з концентрацією хлориду натрію. З'ясовано, що додавання хлориду натрію приводить до зсуву в бік довгохвильових чисел (1539 cm^{-1} для йота-карагінану, 1541 cm^{-1} – для йота-карагінану з 0,1% хлориду натрію), що є підтвердженням певного роду просторових, тобто конфірмаційних змін йота-карагінану. Це дає можливість стверджувати про виражену чутливість караганів до іонної сили взагалі, а також, імовірно, до якісного поліелектролітного складу. Поступове збільшення концентрації хлориду натрію приводить до більш виражених конфірмаційних змін.

Можна передбачити, що як варіювання концентрації одноосновної солі, так і порядок її введення в розчин, можуть суттєво змінювати конформацію макромолекули йота-карагінану та його функціональні властивості.

Перерозподіл інтенсивності стану зі збільшенням концентрації хлориду натрію і зміщення в бік високих частот смуг свідчить про перерозподіл (ослаблення) водневих зв'язків. Додавання двовалентних іонів (хлориду кальцію) більш інтенсивно діє на конфірмаційні зміни і не залежить від концентрації в інтервалі 0,1...0,3%. На відміну від хлориду натрію уже за концентрації 0,1% для хлориду кальцію зникають конфірмаційно чутливі зони, зафіксовані за 1539 та 1465 cm^{-1} (рис. 2)

Це повинно підтверджуватися експериментально, тобто в спектрах зі збудовачами структури (молоко, казеїнати) можна очікувати зміну інтенсивності конформаційно чутливих смуг карбонілів і валентних коливань $-\text{NH}_2$.

Інформаційно важливою є відсутність зміщення інтенсивності поглинання за інших хвильових чисел у бік більш високих частот смуг, яка підтверджує, що виникнення нового конформаційного стану не пов'язано з порушенням регулярності будови карагінану і не викликає перерозподілу водневих зв'язків. Видно, що в спектрі йота-караганів чітко проявлені дві розподільні неінтенсивні смуги 1335, 1360 cm^{-1} (рис. 2), а також чітка смуга 1425 cm^{-1} . Експериментально підтверджено, що під час додавання іонів кальцію та носіїв іонів кальцію

інтенсивність цих смуг зменшується з одночасно інтенсивно зростаючими смугами 1055, 1139, 1235 cm^{-1} . Можна стверджувати, що поглинання 1159, 1118, 1075, 1041 та, можливо, 994 cm^{-1} є конформаційно чутливими, а для карагану смуги 1360, 1425, 1540 cm^{-1} свідчать про можливий перехід трансконформацій в інші конформаційні структури.

Оскільки нами визначено, що для карагану характерна наявність конформаційно чутливих зон, інтерпретація яких за віднесенням хвильових чисел має певні труднощі, трактування результатів за впливом збудовуючих речовин, які потенційно впливають на караган, що відносяться до солей, можна робити з урахуванням цієї інформації. Особливо це виражено під час додавання молока знежиреного (рис. 3.).

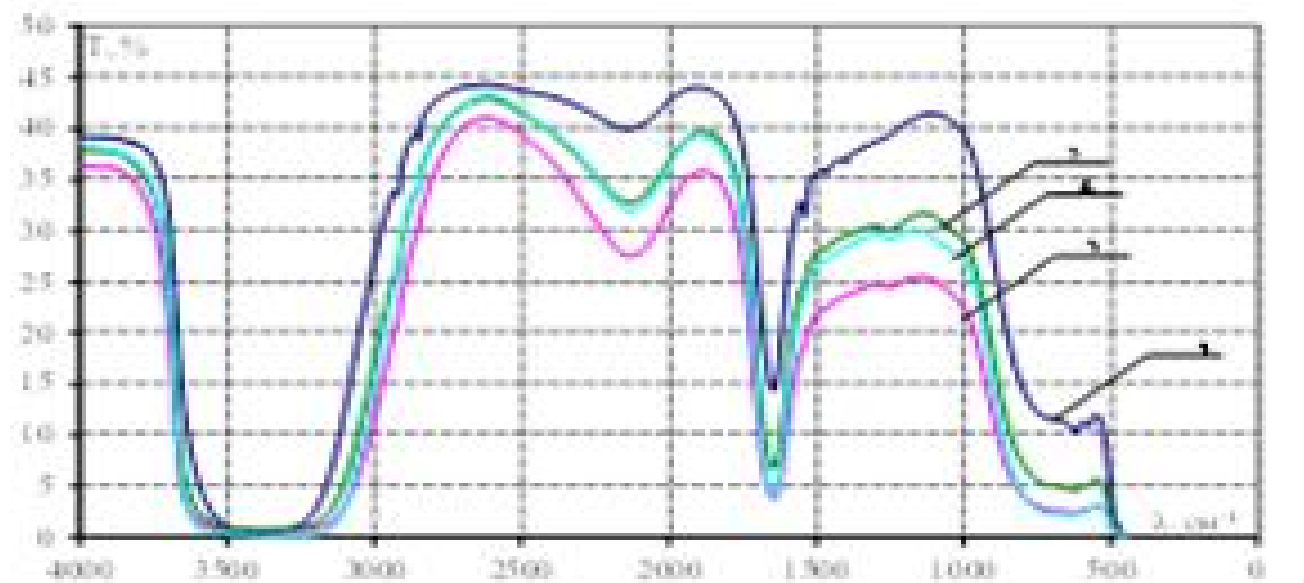


Рис. 2. Інфрачервоні спектри розчину йота-карагану (0,4%) з різними концентраціями хлориду кальцію: 1, 2, 3, 4 – 0; 0,1; 0,2; 0,3% відповідно

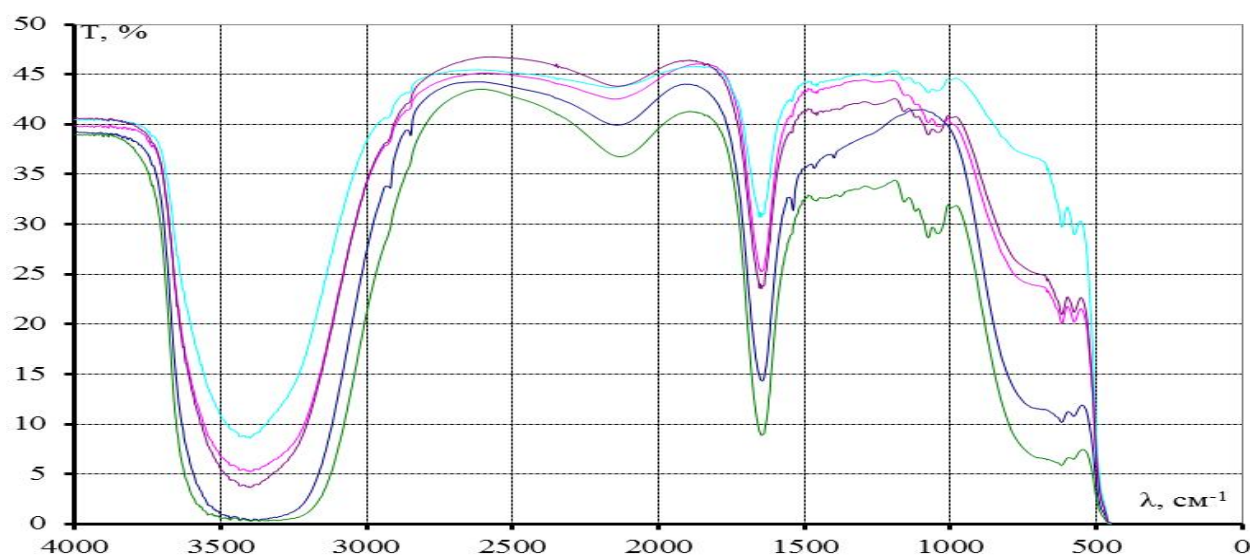
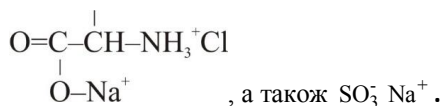


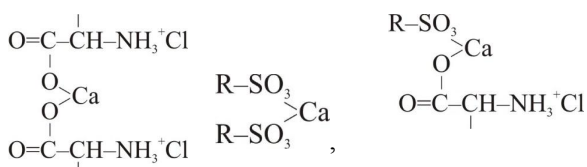
Рис. 3. Інфрачервоні спектри розчину йота-карагану (0,4%) – 1; розчину знежиреного молока (7,5%) з різною концентрацією йота-карагану: 2, 3, 4, 5 – 0; 0,3; 0,4; 0,5% відповідно

Спектри йота-карагінанів також одночасно містять аніонні $-\text{SO}_3^-$ групи, які мають інтенсивне поглинання в областях $1050, 1130, 1200 \text{ см}^{-1}$. Як свідчить аналіз кривих із додаванням солей та казеїнату натрію (рис. 3), інтенсивність спектрів основного максимуму (1130 см^{-1}) у спектрах чистого карагану не зміщена, що свідчить про відсутність хімічної взаємодії групи $-\text{SO}_3^-$. Інтенсивність бічних груп атомів (1050 та 1200 см^{-1}) також збігається з гіпотезою про наявність вільних $-\text{SO}_3^-$ груп.

Таким чином, можна стверджувати, що комплексоутворення в системі «йота-карагінан-молоко» відбувається за участю іонів кальцію з сульфогрупами йота-карагану та карбоксильними групами білків за нейтральних значень pH. Додавання солей хлориду натрію та хлориду кальцію суттєво змінює інтенсивність в областях $1335\ldots1360, 1440\ldots1465$ та 1130 см^{-1} , які слід віднести до наявних у структурі караганів хімічних груп C-N та $-\text{SO}_3^-$. Слід підкреслити, що в разі додавання хлориду кальцію зменшується інтенсивність смуги C-N та $-\text{SO}_3^-$, але закономірностей зміни концентрації хлориду натрію не простежується. У той же час, додавання малих концентрацій хлориду кальцію приводить до значної зміни в поглинанні конформаційно чутливих зон. Така зміна можлива з огляду на те, що можливі залишки азотовмісних речовин у складі карагану (амінокислот, білків), які можуть утворювати додаткові взаємодії за рахунок іонних зв'язків за схемами: а) для хлориду натрію:



б) для хлориду кальцію:



Це призводить до зниження інтенсивності поглинання в ІЧ-спектрах в області 1130 см^{-1} . Для випадку зі знежиреним молоком, де іонний склад солей зовсім інший, цей ефект також спостерігається, але з іншою інтенсивністю поглинання в ІЧ-спектрах.

Звертають на себе увагу область 1600 см^{-1} , яка не зникає за умов додавання всіх досліджених речовин, а також конформаційно чутливі зони $1425, 1465$ та 1540 см^{-1} , які показують, що конформаційні зміни та перерозподіл водневих зв'язків супроводжуються виникненням нових зв'язків груп $-\text{SO}_3^-$ та $(-\text{CO}-\text{NH}-)$ з іонами кальцію та хлору з утворенням нещільних структур за участю води у формі структуруючого елемента.

Наведені результати ІЧ-спектроскопічних досліджень показують зменшення інтенсивності смуг $1425, 1465, 1540 \text{ см}^{-1}$, що свідчить про виражені трансконформаційні зміни у присутності солей та носіїв іонів. Імовірно, через хімічну структуру йота-караганів додавання солей притягує протилежні ним заряди на ланцюгах гідроколіду, зсуваючи структуру статичного клубка, характерну для розчинів, у більш упорядковану та упаковану за новою закономірністю, тобто сприяючи гелеутворенню системи. У той же час, зниження інтенсивності смуг $-\text{SO}_3^-$ та $(-\text{CO}-\text{NH}-)$ є непрямым свідченням можливого виникнення ковалентних міжланцюгових зшивок за структурою хелатних комплексів, які підсилюють міцність гелеподібних систем.

Важливою є інформація про стабільність смуг $1600\ldots1650 \text{ см}^{-1}$; розширення смуги $3200\ldots3400 \text{ см}^{-1}$ свідчить, що ця зміна відбулась не за рахунок $-\text{C}=\text{O}$ та $-\text{NH}-$, що дає право стверджувати: у структуроутворенні беруть участь групи $-\text{SO}_3^-$ з виникненням більш регулярної, але менш щільної структури.

У результаті аналізу спектрів капа-карагану також виявлено валентні коливання $-\text{NH}-$ в $-\text{NH}_2$ $3500\ldots3300 \text{ см}^{-1}$ (рис. 4) та одночасно деформаційні коливання $-\text{NH}-$ в $1650\ldots1590 \text{ см}^{-1}$, що свідчить про наявність азотовмісних домішок.

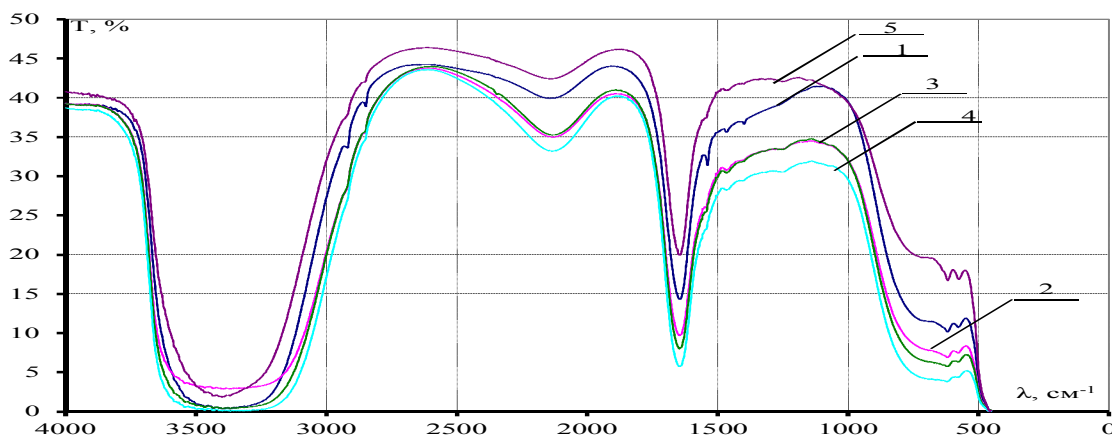


Рис. 4. Інфрачервоні спектри розчину йота-карагану (0,4%) – 1; розчину казеїнату натрію (2,5%) з різними концентраціями йота-карагану: 2, 3, 4, 5 – 0; 0,3; 0,4; 0,5% відповідно

Інтенсивність смуг поглинання в конформаційно чутливій зоні капа-карагінану значно нижча порівняно з поглинанням йота-карагінану. Імовірно, це викликано тим, що капа-карагінан має у своєму складі хлорид калію, що приводить до зниження інтенсивності смуг поглинання в конформаційно чутливій зоні. Так, зокрема, відсутня смуга поглинання за 1539 см^{-1} в конформаційно чутливій зоні, яка також зникає з підвищенням іонної сили розчину в йота-карагінані.

У результаті додавання казеїнату натрію спостерігається зменшення інтенсивності поглинання за довжин хвиль 1450 та $1240\text{--}1260\text{ см}^{-1}$ та поява смуг поглинання за довжин хвиль 1140 см^{-1} та 1045 см^{-1} , що свідчить про трансконформаційні зміни, бо

не спостерігається зсув смуг поглинання до області більших довжин хвиль.

Це дає підставу вважати, що в системі «капа-карагінан–казеїнат натрію» не утворюються ковалентні зв'язки.

Значні зміни спостерігаються в разі додавання знежиреного молока. Так, видно розширення зони $3200\text{--}3400$ до $3100\text{--}3600\text{ см}^{-1}$ з одночасним збільшенням інтенсивності поглинання за 1600 см^{-1} та конформаційно чутливої зони за $1440, 1395, 1100, 1035\text{ см}^{-1}$ показують, що відбувається перерозподіл водневих зв'язків та виникнення нових зв'язків груп $-\text{SO}_3^-$ та $(-\text{CO}-\text{NH}-)$ з іонами кальцію з утворенням щільних структур за участю води.

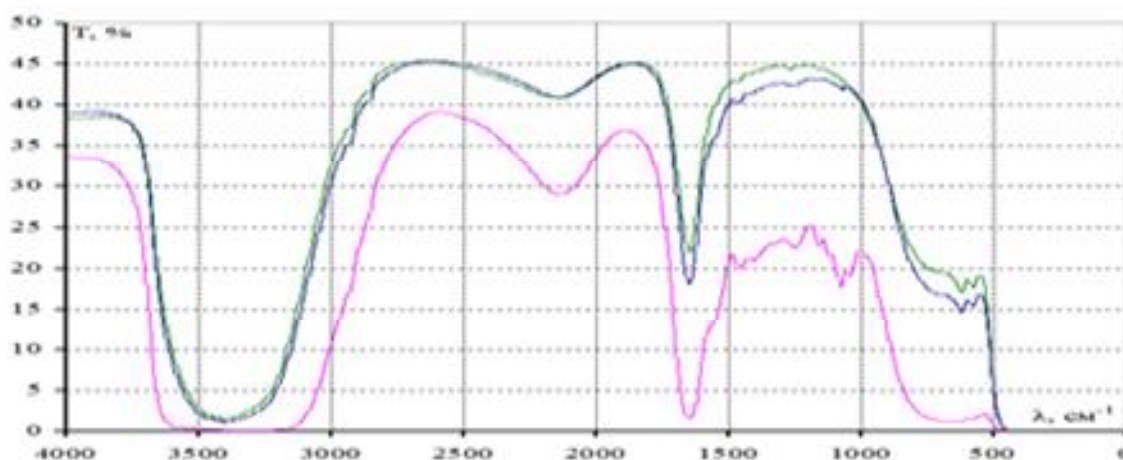


Рис.5 Інфрачервоні спектри розчинів капа-карагінану (0,4%): розчин капа-карагінану; 2 – розчин капа-карагінану з казеїнатом натрію 2,5%; 3 – розчин капа-карагінану з знежиреним молоком (7,5%)

Зміщення смуг поглинання, характерних для $-\text{SO}_3^-$, $1050, 1130$, та 1200 см^{-1} в область більших хвильових чисел відповідно $1070, 1136, 1235\text{ см}^{-1}$ підтверджує факт хімічної взаємодії $-\text{SO}_3^-$ через іони кальцію з карбоксильними групами білків для утворення хелатних комплексів «карагінан–кальцій–казеїн».

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Таким чином, на основі отриманих даних інфрачервоних спектрів можна стверджувати, що величина іонної сили та іонний склад впливають на конформаційний стан карагінанів та визначають процеси гелеутворення.

Список літератури

1. Guist G. Applications for seaweed hydrocolloids in prepared foods / G. Guist // Introduction to Applied Phycology / ed. Acatsuka I. SPB Academic Publishing bv. The Hague. The Netherlands. 1990. – P. 391–400.
2. Комарова Е. Л. Полисахариды для молочной промышленности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <www.naturalingredients.ru/netcat-files/File/Papers/Polysaccharide.pdf>.
3. Stanley N. F. The effect of carrageenan on peptic and tryptic digestion of casein / N. F. Stanley // Prog. Food Nutr. 1982. – Vol. 6. – P. 161–170.
4. Lewis G. Commercial production and applications of algal hydrocolloids / G. Lewis, N. Stanley, G. Guist // Algae and Human Affairs / ed. C Lembi. University of Washington, Seattle. 1988. – P. 41–43.
5. Tvetr-Galagher E. Biological properties of carrageenans / E. Tvetr-Galagher, A. Mathieson // Biotechnology of marine polysaccharides / Ed. R. Colwell. – Washington ; New York ; London. 1985. – V. 27. – P. 413–431.

6. Подкoryтова А.В. Обоснование и разработка технологий ионозависимых полисахаридов при комплексной переработке морских водорослей : автореф. дис. ... доктора технич. наук. А.В. Подкoryтова. – М., 1995. – 25 с.
7. Сабадош Г.О. Визначення основних фізико-хімічних показників якості молочних десертів з пінною структурою / Г.О. Сабадош // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х. : ХДУХТ, 2010. – Вип. 1 (11). – С. 97–103.
8. Сабадош Г.О. Вплив факторів на піноутворення в технології молочних десертів з використанням карагінану/ Г.О. Сабадош // Вісник НТУ ХПІ». – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29(1201). – С. 49–54.
9. Сабадош Г.О. Технологія десертів молочних з використанням карагінанів : дис. ... канд. техн. наук / Сабадош Ганна Олександрівна. – Х., 2010. – 154 с.
10. Просяков А.Ю. Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой: монография / А.Ю. Просяков. – Кемерово, 2001. – 172 с.
11. Кирьянова А.А. Использование гидроколлоидов в молочном производстве / А.А. Кирьянова, И.Л. Корецкая // Молочное дело. 2006. – № 2. – С. 44–45.
12. Касторных М.С. Молочный коктейль на основе пахты и молочной сыворотки / М.С. Касторных // Соврем. технология сыроделия и безотход. перераб. молока. – Ереван, 1989. – С. 318–319.
13. Наука в СевКавГТУ [Электронный ресурс]: / Вестник СевКавГТУ. – Режим доступа : <<http://science.ncstu.ru>>.
2. Komarova E.L. Polisakharidy dlya molochnoy promyshlennosti [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa <www.naturalingredients.ru/netcat-files/File/Papers/Polysaccharide.pdf>.
3. Stanley N.F. The effect of carrageenan on peptic and tryptic digestion of casein / N. F. Stanley // Prog. Food Nutr. 1982. – Vol. 6. – P. 161–170.
4. Lewis G. Commercial production and applications of algal hydrocolloids / G. Lewis, N. Stanley, G. Guist // Algae and Human Affairs / ed. C Lembi. University of Washington, Seattle. 1988. – P. 41–43.
5. Tvetr-Galagher E. Biological properties of carrageenans / E. Tvetr-Galagher, A. Mathieson // Biotechnology of marine polysaccharides / Ed. R. Colwell. – Washington ; New York : London. – 1985. – V. 27. – P. 413–431.
6. Podkorytova A.V. Obosnovaniye i razrabotka tekhnologii ionozavisimyykh polisakharidov pri kompleksnoy pererabotke morskikh vodorosley : avtoref. dis. ... doktora tekhnich. nauk. A. V. Podkorytova. – M., 1995. – 25 p.
7. Sabadosh G.O. Viznachennya osnovnykh fiziko-himichnykh pokaznykiv yakosti molochnykh desertyv z plnnoyu strukturoyu / G.O. Sabadosh // Progresivni tehnika ta tehnologiyi harchovih virobnystv restoranogo gospodarstva i torgivli : zb. nauk. pr. / Hark. derzh. un-t harch. ta torg. – H. : HDUHT, 2010. – Vip. 1 (11). – P. 97–103.
8. Sabadosh G.O. The influence of factors on the foaming technology of milk desserts using carrageenan/ G.O. Sabadosh // Visnyk NTU «HPI». – H. : NTU «HPI», 2016. – № 29(1201). – P. 49–54.
9. Sabadosh G.O. Tehnologiya desertyv molochnykh z vikoristanniam karaginaniv : dis. ... kand. tehn. nauk / Sabadosh Ganna Oleksandrivna. – H., 2010. – 154 p.
10. Prosekov A. Ju. Fiziko-himicheskie osnovy poluchenija pishhevykh produktov s pennoj strukturoj : monografija / A. Ju Prosekov. – Kemerovo, 2001. – 172 p.
11. Kirjanova A. A. Ispolzovanie gidrokolloidov v molochnom proizvodstve / A. A. Kir'janova, I. L. Koreckaja // Molochnoe delo. 2006. – № 2. – P. 44–45.
12. Kastornyh M. S. Molochnyj koktejl' na osnove pahty i molochnoj syvorotki / M.S. Kastornyh // Sovrem. tehnologija syrodelya i bezotход. pererab. moloka. – Erevan, 1989. – P. 318–319.
13. Nauka v SevKavGTU [Elektronnyj resurs] / Vestnik SevKavGTU. – Rezhim dostupa : <<http://science.ncstu.ru>>.

Bibliography (transliterated)

Поступила (received) 10.06.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження змін карагінанів при гелеутворенні методом інфрачервоної спектроскопії / Г.О. Сабадош // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 67–72. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследование изменений каррагинанов при гелеобразовании методом инфракрасной спектроскопии. / Г.О. Сабадош // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 67–72. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2220-4784.

Investigation of changes of carrageenans at gel formation by the method of infrared spectroscopy / G.O. Sabadosh // Visnyk NTU «HPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – H. : NTU «HPI», 2017. – № 18 (1240). – С. 67–72. – Bibliogr.: 13 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Сабадош Ганна Олександрівна – Ужгородський торговельно-економічний інститут КНТЕУ, доцент кафедри технології і організації ресторанного господарства; тел.: +380991991176; e-mail: aasaa30@ukr.net.
Сабадош Анна Александровна – Ужгородський торгово-економічний інститут КНТЕУ, доцент кафедри технології і організації ресторанного господарства; тел.: +380991991176; e-mail: aasaa30@ukr.net.
Sabadosh Ganna Oleksandrivna - Uzhgorod trade and economic Institute KNTEU, associate professor technology and organization of restaurant business; тел.: +380991991176; e-mail: aasaa30@ukr.net.

УДК 661.46.47

А. П. МЕЛЬНИК, Н. Н. НЕМЕЦЬ, М. О. ПОДУСТОВ

ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОВЕРНЕННЯ СУПУТНЬО-ПЛАСТОВИХ ВОД НАФТОГАЗОКОНДЕНСАТНИХ РОДОВИЩ

Досліджено зменшення концентрації іонів заліза (II) при одержанні йоду з супутньо-пластових вод нафтогазоконденсатних родовищ України озонуванням, оцінено ступінь перетворення заліза (II) в залізо (III), встановлено, що при озонуванні суміші іонів Fe^{2+} з іонами J^- на залежності ступеня утворення йоду від співвідношенні Fe^{2+}/J^- спостерігається максимум, до досягнення якого переважно в реакцію вступають іони йоду, що вказує на можливість вилучення йоду з СПВ, озонування прискорює процес перетворення іонів заліза (II) в іони заліза (III), які коагулюючи випадають у осад разом з завислими речовинами, що покращує процес підготовки супутньо-пластових вод до повернення та впливає на екологічну безпеку.

Ключові слова: пласт, вода, йодид-іон, йод, озонування, залізо, відношення.

Исследовано уменьшение концентрации ионов железа (II) при получении йода из попутно-пластовых вод нефтегазоконденсатных месторождений Украины озонированием, оценено степень превращения железа (II) в железо (III), установлено, что при озонировании смеси ионов Fe^{2+} с ионами J^- на зависимость степени образования йода Fe^{2+}/J^- наблюдается максимум, по достижению которого преимущественно в реакцию вступают ионы J^- , что указывает на возможность извлечения йода из ППВ, озонирование ускоряет процесс превращения ионов железа (II) в ионы железа (III), которые коагулируя выпадают в осадок вместе со взвешенными веществами, что улучшает процесс подготовки попутно-пластовых вод до возврата и влияет на экологическую безопасность.

Ключевые слова: пласт, вода, йодид-ион, йод, озонирование, время, соотношение.

The decrease in the concentration of iron ions (II) in the preparation of iodine from the fossil groundwater of oil/gas-condensate fields of Ukraine by ozonation has been studied, the degree of conversion of iron (II) to iron (III) has been estimated and it has been established that at ozonizing a mixture of Fe^{2+} ions with J^- ions on the dependence of the degree of Fe^{2+}/J^- iodine formation the maximum is observed upon reaching of which J^- ions mainly enter into a reaction, which indicates the possibility of extraction of iodine from the fossil groundwater, the ozonation accelerates the process of conversion of iron ions (II) into iron ions (III), which after coagulation are precipitating with suspended substances, which improves the process of preparing the associated fossil groundwater before the return and has an impact on the environmental safety.

Key words: fossil, water, iodide ion, iodine, ozonation, time, iron, ratio.

Вступ.

Згідно екологічних законів Д. Конара всі процеси взаємопов'язані і все те, що появилось повинно кудись подітися, а згідно В.І. Вернадському міграція хімічних елементів на земній поверхні і в біосфері в цілому здійснюється або за безпосередньої участі живого середовища, або ж відбувається в середовищі, геохімічні властивості якого зумовлені живим середовищем [1].

Супутні пластові води (СПВ) є побічним не цільовим продуктом видобутку газу, конденсату та нафти [2] повністю відповідають цим законам і потребують їх використання чи утилізації після вилучення вуглеводневої сировини процесами нафтогазовидобування.

Речовини, що входять до складу СПВ, належать до шкідливих для навколишнього середовища, а тому не можуть бути направлені на поверхню ґрунту чи у водоймища [3].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями – аналіз стану повернення.

Сьогодні на вітчизняних родовищах, згідно Водного кодексу України, СПВ підлягають поверненню до підземних горизонтів згідно технологічних проєктів. При безперервному поверненні у виснажені пласти вони повинні

сумішатися з водами пласта, не визиваючи утворення осадів і закупорювання порових просторів [3].

За хімічним складом в СПВ згідно з представленими даними [4] знаходяться, в основному, аніони (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), катіони (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), мікро компоненти (амоній-іон, нітрат-іон, нітрит-іон; іони йоду та броду, залізо Fe^{2+} і Fe^{3+} , двоокис вуглецю, нафтопродукти, які зумовлюють відповідну кислотність і мінералізацію.

Основними завданнями при підготовці до повернення СПВ у надра є підтримка, крім інших показників, вмісту іонів заліза в окисній формі до 10 мг/дм³ [5], оскільки, утворюючи осад, вони закупорюють пласт і при безперервному видобувному процесі можуть спричиняти розповсюдження СПВ у навколишнє середовище, що – не допустимо.

Іони заліза появляються у СПВ в результаті корозії видобувного обладнання і змінюються як по родовищах, так і з часом його експлуатації, що видно на прикладі аналізу СПВ ряду свердловин Кобзівського ГКР (таблиця), де концентрації іонів заліза визначено як методом титрування (МТ), так і візуальним тестовим методом (ТМ) згідно представленим даним [6] для оперативного реагування щодо поводження з СПВ.

Таблиця – Концентрації іонів заліза (II) у СПВ деяких свердловин (Св.) Кобзівського ГКР

Св. №	Концентрація іонів заліза Fe^{2+} , мг/л					
	мінімальна		максимальна		середня	
	ТМ	МТ	ТМ	МТ	МТ	ТМ
29	>10	78	>10	269	168	>10
31	>10	106	>10	283	167	>10
32	>10	64	>10	154	112	>10
44	>10	31	>10	207	115	>10
85	>10	20	>10	322	140	>10
86	>10	81	>10	347	178	>10
88	>10	36	>10	227	165	>10
102	<10	0	>10	358	165	>10

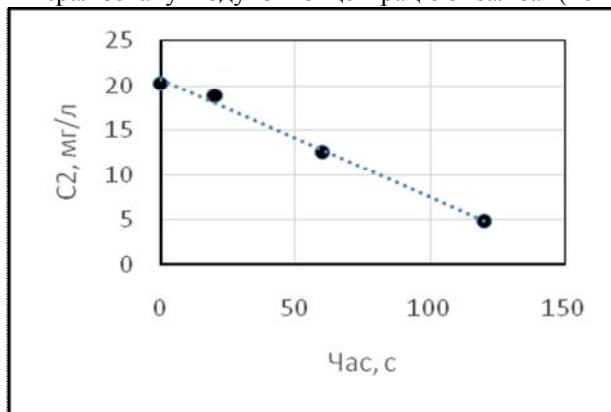
Задача дослідження.

Зменшити час відстоювання і таким чином зменшити ризик попадання СПВ у навколишнє середовище можна шляхом збільшення швидкості реакції утворення іонів Fe^{3+} . Одним з доступних реагентів для окиснення іонів Fe^{2+} в Fe^{3+} є озон, який широко використовується для знезараження вод [7]. Перетворення іонів заліза, які знаходяться у СПВ вітчизняних родовищ, де присутні ряд інших іонів, зокрема іони йоду, не відомо.

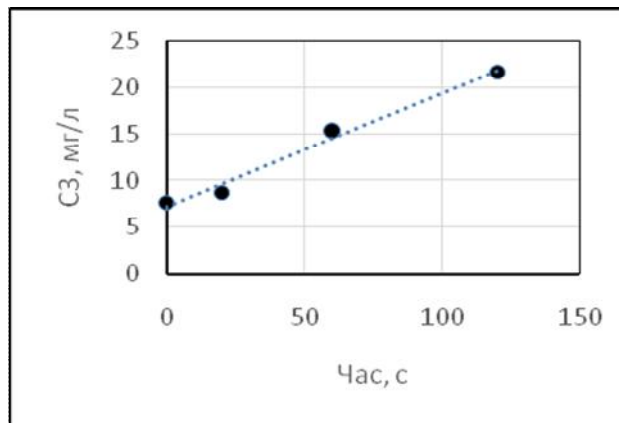
Мета роботи полягає у дослідженні впливу часу реакції, мольно-іонного відношення Fe^{2+} /озон та Fe^{2+}/J на перетворення іонів Fe^{2+} в іони Fe^{3+} та іонів J в йод озонованим повітрям.

Методи і об'єкт дослідження.

Як об'єкт дослідження використано мінералізовану воду з концентрацією заліза (Fe^{2+})



а



б

Рис. 1 Зміни концентрації іонів Fe^{2+} (а) Fe^{3+} (б) від часу озонування

При цьому спостерігається чітка лінійна залежність, яка описується лінійним рівнянням:

$$C_2 = at + b$$

де C_2 – концентрація іонів Fe^{2+} , мг/дм³;

t – час озонування, с;

$a = -0,1321$; $b = 20,747$.

сульфату 0,1194 г/дм³ і натрію хлориду 200 мг/дм³ та модель пластової води свердловини одного з Полтавських родовищ, до складу якої входить, мг/дм³: йодид-іонів 50, бромід-іонів 800, хлорид-іонів 148086, сульфат-іонів 215, іонів двовалентного заліза 0 – 66. Загальна мінералізація води 253 г/дм³. СПВ Кобзівського ГКР з концентрацією іонів Fe^{2+} 126 мг/дм³.

Озон одержували на установці GL 3189. Продуктивність установки $6,63 \cdot 10^{-2}$ м³/год повітря. Концентрація озону $6,28 \cdot 10^{-2}$ г-моля/м³. Концентрації йодид, -бромід, -хлорид, -сульфат-, бікарбонат-іонів, іонів кальцію, магнію, заліза, калію, натрію визначено згідно [8].

Концентрації іонів натрію, калію, кальцію, магнію, заліза підтверджено атомноспектральним аналізом.

Концентрацію озону визначено йодометричним методом [9, 10–14]. Озонування здійснено в реакторі трубчатого типу, який обладнано інтенсивним диспергатором.

Результати.

Зміни концентрацій іонів заліза від часу озонування (рис.1 (а)) свідчать про те, що з збільшенням часу озонування зменшується концентрація іонів заліза (II).

За спрощеними функціональними схемами були обрані напрямки та критерії впливу на якість комплексних інноваційних проектів (рис. 1):

Коефіцієнт рівняння регресії 0,9941 вказує на високу достовірність співпадіння експериментальних і розрахункових величин.

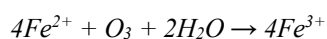
З рис.1 (б) витікає, що з збільшенням часу озонування спостерігається антибатна залежність, а саме: при зменшенні концентрації іонів двовалентного заліза відбувається збільшення концентрації іонів тривалентного заліза також за лінійною закономірністю, яка описується рівнянням

$$C_3 = a_1 t + b_1,$$

де C_3 – концентрація іонів Fe^{3+} , мг/дм³;
 $a_1 = 0,1217$; $b_1 = 7,2662$.

На основі змін концентрацій іонів заліза [15] розраховано зменшення іонів двовалентного ($\Delta C_2 = Fe_0^{+2} - Fe_n^{+2}$) і збільшення тривалентного ($\Delta C_3 = Fe_n^{+3} - F_0^{+3}$) заліза та одержано залежність (рис. 2), де індекси 0 і n відносяться до початкових і поточних концентрацій. З залежності витікає те, що зменшенню іонів двовалентного заліза відповідає практично таке ж збільшення іонів тривалентного заліза, оскільки у рівнянні регресії (рис. 2) $y = \Delta C_2$ майже не відрізняється з коефіцієнтом кореляції 0,9964 від $x = \Delta C_3$.

Таким чином одержані результати свідчать про те, що іони Fe^{2+} практично повністю перетворюються в іони Fe^{3+} згідно реакції



Оцінка витрат озону за змінами ступеня перетворення (СП) іонів заліза Fe^{2+} в Fe^{3+} від змін мольно-іонного відношення озон: Fe^{2+} (MIB) свідчить

про те (рис. 3), що для повного перетворення необхідний надлишок озону.

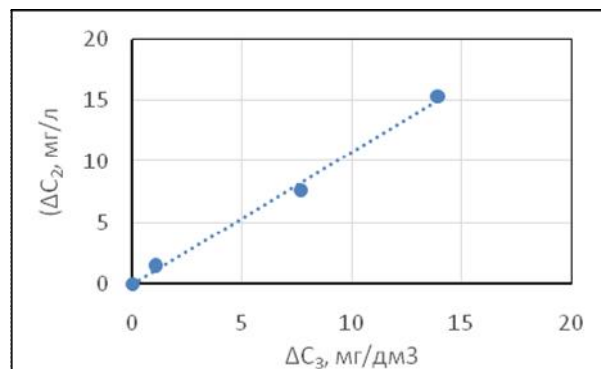


Рис. 2. Залежність змін концентрацій іонів Fe^{2+} ΔC_2 від іонів Fe^{3+} ΔC_3

При цьому (рис. 3) спостерігається чітка лінійна залежність, яка підпорядковується рівнянню

$$СП = a_2 MIB + b_2,$$

в якому $a_2 = 86,094$, $b_2 = 0,1165$, коефіцієнт регресії 0,9999.

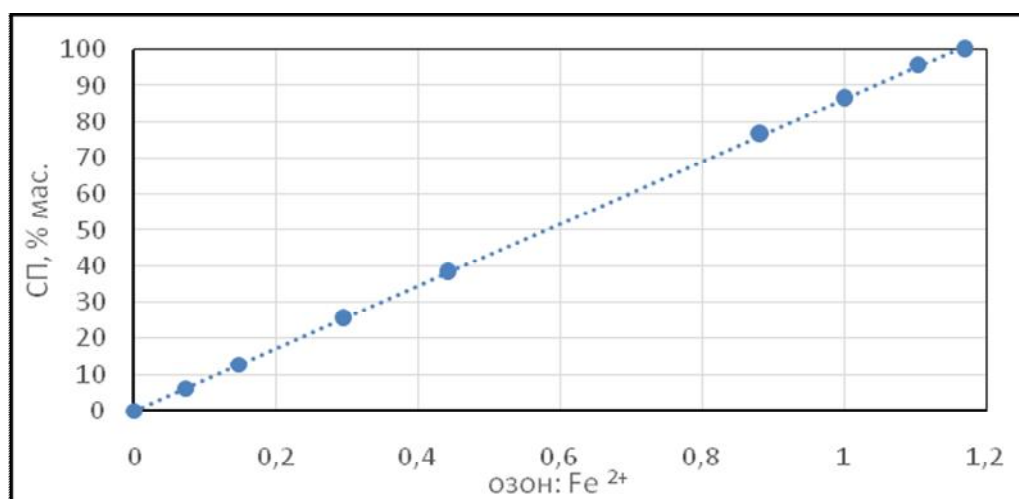


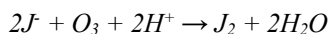
Рис. 3. Залежність ступеня перетворення (СП) іонів Fe^{2+} в іони Fe^{3+} від мольно-іонного відношення озон: Fe^{2+}

Одержані результати вказують на те, що іони заліза (II) можна швидко перетворювати в іони тривалентного заліза. Це дозволяє зменшити час відстоювання СПВ з ≈ 3 діб до ≈ 3 год., оскільки через такий час спостерігається їх коагуляція і випадіння в осад. Це підтверджується озонуванням СПВ Кобзівського ГКР з початковою концентрацією іонів Fe^{2+} 126 мг/дм³. При цьому видаляються не тільки іони заліза, концентрація яких за тестовим методом зменшилась до величини < 10 мг/дм³, але і концентрація завислих речовин (ЗР) з 3258 мг/дм³ до 570 мг/дм³, що відповідає ступеню очищення від ЗР $\approx 82,5$ %.

При традиційному відстоюванні 82 % ступінь очищення досягається через 2,8 доби. Це зумовлює підвищення екологічної безпеки повернення СПВ в пласт за рахунок зменшення ризику виникнення аварійних ситуацій в результаті можливого переповнення ними ємностей відстоювання.

Разом з тим хімічним аналізом СПВ встановлено, що до їх компонентного складу входять іони йоду і бром, які також можуть вступати в реакцію з озоном.

Відомо [16], що коли присутня суміш іонів йоду і бром, то в першу чергу в реакцію вступають іони йоду згідно реакції:



Для в'яснення закономірностей озонування сумішей іонів заліза з іонами йоду досліджено вплив часу та іонного відношення цих іонів (рис. 4, 5). При озонуванні йодид-іонів залежності ступеня утворення йоду на відміну від утворення іонів Fe^{3+} – не лінійні [17] як у відсутності іонів заліза, так і у їх присутності (рис. 4). Разом з тим присутність іонів заліза сприяє збільшенню ступеня утворення йоду, яке досягає певної максимальної величини, а потім зменшується. Зменшення може бути зумовлено взаємодією озону з іншими компонентами, наприклад іонами заліза. У присутності іонів заліза максимум утворення йоду зміщується в сторону збільшення часу реакції.

Необхідно підкреслити те, що збільшення концентрації іонів заліза суттєво не впливає на ступінь утворення йоду, але при цьому спостерігається збільшення часу і величини ступеня.

Це підтверджує те, що іони заліза сприяють взаємодії озону з іонами йоду, а не з іншими присутніми компонентами.

Можна допустити, що зменшення ступеня утворення йоду після досягнення максимуму може бути зумовлено взаємодією озону з іонами Fe^{2+} , тобто, що взаємодія озону з тим чи іншим іоном залежить від їх співвідношення. Таке припущення підтверджується змінами ступеня утворення йоду від змін іонного співвідношення – Fe^{2+}/J^- (рис. 5) за один і той час озонування.

При збільшенні відношення іонів заліза до іонів йоду спочатку спостерігається збільшення ступеня утворення, яке є незначним при малому часі озонування. Збільшення часу зумовлює те, що на залежностях спостерігаються максимуми, які відповідають співвідношенню $Fe^{2+}/J^- \approx 3$. Це означає те, що коли вміст іонів заліза перебільшує вміст іонів йоду у 3 і більше разів в реакцію озонування переважно вступають іони заліза.

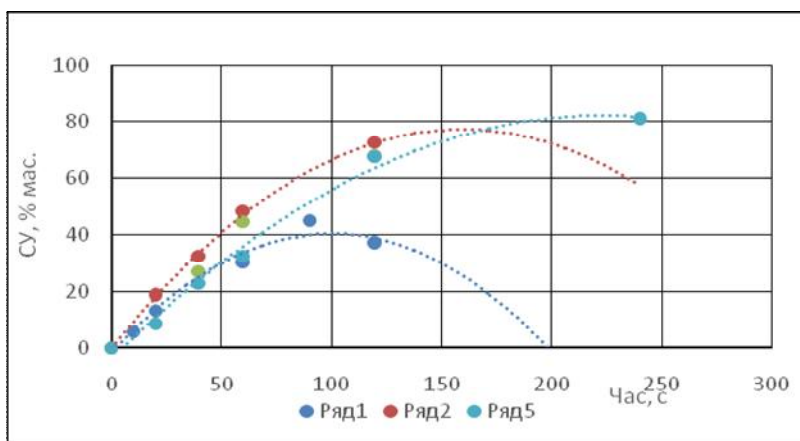


Рис. 4 Зміни ступеня утворення йоду (CY) від часу озонування під впливом іонів Fe^{2+} , мг/дм³, де 1 – $Fe^{2+} = 0$; 2 – 22; 3 – 66.

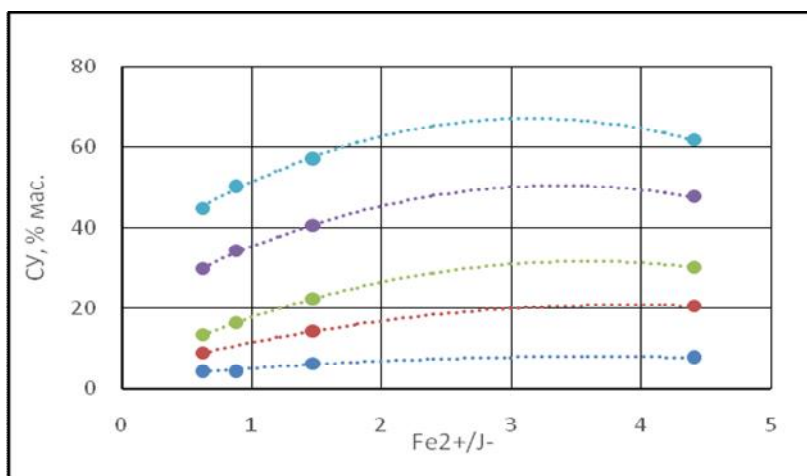


Рис. 5. Зміни ступеня утворення йоду (CY) від відношення Fe^{2+}/J^- і часу озонування (б), де знизу-вверх 10 с, 20 с, 30 с, 40 с, 60 с, 120 с

Отже при підвищенні екологічної безпеки за рахунок пришвидшення видалення іонів заліза озонуванням, особливо при підвищених концентраціях іонів заліза, попутно можна отримувати йод. Відомо [18], що потреба України в йоді для харчових продуктів і медицини знаходиться на рівні 15 т/рік і 20 т/рік, відповідно, а промисловість потребує до 30 т/рік.

У попередніх роботах показано [19], що йодид-іони СПВ можуть бути перетворені у йод за екологічнобезпечною технологією у порівнянні з існуючим на цей час.

Висновки.

Встановлено, що при озонуванні зменшення концентрації іонів заліза (II) і збільшення концентрації іонів тривалентного заліза підпорядковуються лінійним закономірностям, а

кількість перетворених іонів Fe^{2+} з високим ступенем достовірності відповідає кількості утворених іонів Fe^{3+} .

Повне перетворення іонів заліза (II) в залізо (III) відбувається при мольно-іонному відношенні озон: Fe^{2+} більше 1.

При озонуванні суміші іонів Fe^{2+} з іонами J^- на залежності ступеня утворення йоду від співвідношення Fe^{2+}/J^- спостерігається максимум, до досягнення якого переважно в реакцію вступають іони йоду, що вказує на можливість вилучення йоду з СПВ.

Після озонування осади сполук заліза разом з завислими речовинами утворюються значно швидше порівняно з традиційним відстоюванням, що підвищує екологічну безпеку повернення СПВ у пласт.

Список літератури

1. Бровадій В.М., Гаца О.О. Закони екології: навчальний посібник [Текст] / М. Бровадій, О. Гаца – К.: Освіта України, 2007. – 380 с.
2. Основи технології видобування нафти і природного газу [Електронний ресурс] /. Режим доступу: megapredmet.ru 1-87650.html.
3. Клименко Л.Н. Техноекология – 2000 [Електронний ресурс] / Л.Н. Клименко. Режим доступу: www.ecolive.com.ua/book/technoekologiya/112-vidobuvannya-nafti-gazu.
4. Бойко В.С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ [Текст] / В.С. Бойко. – Київ: Реал-Принт, 2004. – 695 с.
5. СОУ 09.1-30019775-004:2013 Методика визначення привнесених компонентів та вимоги до їх вмісту при поверненні супутньо-пластових вод у надра. – УкрНДІгаз, 2013.
6. Решетняк Е.А., Немец Н.Н., Пантелеймонов А.В., Шугай Е.А., Холин Ю.В. Создание образца сравнения для визуального тестирования железа (II) в подземных водах [Текст] / [Е.А. Решетняк, Н.Н. Немец, А.В. Пантелеймонов, Е.А. Шугай, Ю.В. Холин] // Вісник ХНУ ім. Каразіна. Серія: хімія. – Харків: 2008. – вип. 16 (39), №820. – С. 146 – 154.
7. Rip G. Rice. Chemistries of ozone for municipal pool and spa water treatment / G. Rice Rip // J. environmental sci. and techn. 2013. – V.47. – PP.10971-10979.
8. Резников А.А. Методы анализа природных вод / А.А. Резников, Е.П. Муликовская, И.Ю. Соколов. М.: Недра. 1970. – 488 с.
9. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. М.: Химия, 1984. – 448 с.
10. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). Підручник з грифом МОН / Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Ольховська О.І. та ін. – К.: «Центр учбової літератури», 2016. – 468 с.
11. Товажнянский Л.Л., Кошелева М.К., Бухкало С.И. Общая химическая технология в примерах, задачах, лабораторных работах и тестах (уч. пособие) / Москва ИНФРА-М, 2015. С. 447.
12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. Київ «Центр учбової літератури»: 2014, 456 с.
13. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017. // За ред. проф. Сокола Є.І. Ч.ІІІ, – Х.: НТУ «ХПІ», с. 14.
14. Бухкало С.І. Комплексна екологічно-інформаційна безпека проєктів підприємства / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. MicroCAD-2017, 17-19 травня 2017. // За ред. проф. Сокола Є.І. Ч.ІІІ, – Х.: НТУ «ХПІ», с. 15.
15. Підвищення екологічної безпеки при поверненні супутніх пластових вод нафтогазоконденсатних родовищ //НАСТОЯЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И РАЗВИТИЕ, Том 6 Медицина, Биологични науки, Екология, Ветеринарен, Селско стопанство, София, «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2017. – с. 50 – 55.
16. Ксензенко В.И., Стасиневич Д.С. Химия и технология брома, йода и их соединений[Текст] /В.И. Ксензенко, Д.С. Стасиневич. – М.: Химия, 1995. – 300 с.
17. Німець Н.М., Мельник А.П., Казаріна О.М. Про одержання йоду озонуванням супутньо-пластових вод газоконденсатних родовищ./ Н. М. Німець, А.П. Мельник, О. М. Казаріна XII Materialy miedzynarodowej naukow – praktyczney konferencji «Dynamika naukowich badan – 2016». Przemysl: Nauka i studia, 2016. – V.6. – P. 55 – 61.

18. Кучманич Н. Перспективи видобутку йоду з пластових вод нафтогазових родовищ Бориславського промислового району [Електронний ресурс] / Н. Кучманич. Режим доступу: / old.geography.lnu.ua/public.
19. Немец Н.Н. О превращении йодид-йонов попутно-пластовых вод газоконденсатных месторождений в йод под воздействием озона / Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». 2016. – № 29 (1201). – С. 14–18.
11. Tovazhnjanskij L.L., Kosheleva M.K., Buhkalo S.I. Obshhaja himicheskaja tehnologija v primerah, zadachah, laboratornyh rabotah i testah (uch. posobie) / Moskva INFRA-M, 2015. – 447 p.
12. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. Kiiv «Centr uchbovoi literaturi»: 2014, 456 p.
13. Buhkalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva / Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHV mizhn. n/prakt. konf. MicroCAD-2017, 17-19 travnja 2017. // Za red. prof. Sokola C.I. Ch.III, – H.: NTU «HPI», p. 14.
14. Buhkalo S.I. Kompleksna ekologichno-informacijna bezpeka proektiv pidpriemstva / Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHV mizhn. n/prakt. konf. MicroCAD-2017, 17-19 travnja 2017. // Za red. prof. Sokola C.I. Ch.III, – H.: NTU «HPI», p. 15.
15. Melnyk A.P., Nemets N.M., Podustov M. [Pidvyshchennja ekologichnoyi bezpeky pry povernenni suputnykh plastovykh vod nafto hazokondensatnykh rodovyshch] Increase of ecological safety at return of the associated reservoir waters of oil and gas condensate fields – NASTOYASHTI IZSLEDVANIYA I RAZVITIE, Tom 6 Meditsina, Biologichni nauki, Ekologiya, Veterinaren, Selsko stopanstvo, Sofiya, «Byal GRAD-BG» OOD, 2017. p. 50 – 55.
16. Ksenzenko W. I. Stasinewich D.S [Chimija i technologija broma, joda i ich soedinenij.] Chemistry and Technology of bromine, iodine and compounds thereof. M.: Chemistry, 1995. – 299 p.
17. Nimets' N.M., Mel'nyk A.P., Kazarina O. M. [Pro oderzhannja yodu ozonuvannjam suputn'o-plastovykh vod hazokondensatnykh rodovyshch] About obtaining iodine by ozonation of contiguous reservoir waters of gas-condensate deposits. XII Materials of the international scientific - practical conference "Dynamics of research – 2016". Industry: Science and studies, 2016. – V.6. – P. 55– 61.
18. Kuchmanyh N. [Perspektyvy vydobutku yodu z plastovykh vod naftohazovykh rodovyshch Boryslavs'koho promyslovoho rayonu] [Electronic resource] / N. Kuchmanyh .Access mode: /old.geography.lnu.ua/public.
19. Nemec N.N. O prevrashhenii jodid-jonov poputno-plastovykh vod gazokondensatnykh mestorozhdenij v jod pod vozdejstviem ozona / Visnik NTU «HPI». – Harkiv: NTU «HPI». 2016. – № 29 (1201). – P. 14–18.

Bibliography (transliterated)

1. Brovadiy V.M., Gatsa O.O. [Zakony ekolohiyi: navchalnyi posibnik] Laws of ecology /M.Brovadiy, O.Gatsa, K/ Osvita Ukraini. , 2007. – 380 p.
2. Osnovi tehnologii vidobuvaniya nafti i prirodnogo gazu [Electronic resource]/ Access mode: megapredmet.ru 1-87650.html.
3. Klimentko L.N. Tehnoekologiya – 2000 [Electronic resource]/ Access mode: www.ecolive.com.ua/book/technoekologiya/112-vidobuvannya-nafti-gazu.
4. Boiko V.S. [Rozrobka ta ekspluatatsiya naftovykh rodovyshch] Development and exploitation of oil fields/ V. Boiko. – Kiiv: Real-Print, 2004. – 6255 p.
5. SOU 09.1-30019775-004:2013 [Metodyka vyznachennja pryvnesenykh komponentiv ta vymohy do yikh vmistu pry povernenni suputn'o-plastovykh vod u nadra] Method of determination of the introduced components and the requirements for their content when returning the adjoining-reservoir water to the subsoil. – UkrNDIhaz, 2013.
6. Reshetnyak E.A., Nemets N.N., Panteleymonov A.V., Shugay Ye.A., Kholin YU.V.[Sozdaniye obraztsa sravneniya dlya vizual'nogo testirovaniya zheleza (II) v podzemnykh vodakh [Tekst] / Creation of a reference sample for visual testing of iron (II) in groundwater / E.A. Reshetnyak, N.N. Nemets, A.V. Panteleymonov, Ye.A. Shugay, YU.V. Kholin/ Visnik KHNU im. Karazina. Seriya: khimiya. – Kharkiv: 2008. – vip. 16 (39), №820. – S. 146 – 154.
7. Rip G. Rice. Chemistries of ozone for municipal pool and spa water treatment. Facts and Fallacies // The Journal of the Swimming Pool and Spa Industry. 1995. – V.1. – №1. – PP. 25–44.
8. Reznikow A.A., Mulikowskaja E.P., Sokolow I. JU., [Analiticheskaay chimia promishlennih stochnih vod] Methods of analysis of natural waters / A.A. Reznikow, M.: Nadra. 1970. - 488 p.
9. Lurye YU. YU. [Analiticheskaja chimia promichlenich stochnih wod] Analytical chemistry of industrial waste water. M.: Chimia, 1984. – P.194-196.
10. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). Pidruchnik z grifom MON / Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Ol'hov's'ka O.I. ta in. – K.: «Centr uchbovoi literaturi», 2016. – 468 p.

Поступила (received) 23.06.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Про підвищення екологічної безпеки повернення супутньо-пластових вод нафтогазоконденсатних родовищ / А. П. Мельник, Н. М. Німець, М. О. Подустов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 73–79. – Бібліогр.: 19 назв. – ISSN 2220-4784.

О повышении экологической безопасности возвращения попутно-пластовых вод нефтегазоконденсатных месторождений / А. П. Мельник, Н. Н. Немець, М. А. Подустов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18(1240). – С. 73–79. – Библиогр.: 19 назв. – ISSN 2220-4784.

On improving environmental protection of associated formation water return in the interior of the Earth / A. P. Melnik, N. N. Nemets, M.A. Podustov // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18(1240). – p. 73–79. Bibliog.: 19 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Немец Наталья Николаевна – зав. отделом экологии Украинский научно-исследовательский институт природных газов, тел.: 730-45-09; e-mail: ecolog.2601@gmail.com

Німець Наталія Миколаївна – завідувач відділу екології Українського науково-дослідного інституту природних газів, зав.відділу, тел.: 730-45-09; e-mail: ecolog.2601@gmail.com

Nemets Natalya Nicolaevna – The department head of ecology of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIgaz»,; tel.: (057) 730-45-09; e-mail: ecolog.2601@gmail.com

Мельник Анатолий Павлович – доктор технічних наук, Український науково-дослідний інститут природних газів (УкрНДІгаз), 61010, м. Харків, Гимназійна наб., 20, Україна. e-mail: ecolog.2601@gmail.com

Мельник Анатолий Павлович – доктор технических наук, Украинский научно-исследовательский институт природных газов (УкрНИИГаз), 61010, Красношкольная наб. 20, г. Харьков, Украина e-mail: ecolog.2601@gmail.com

Melnyk Anatoly Pavlovich – Doctor of Technical Sciences, department head, Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIgaz». 61010, Krasnoshkolnaya nab. 20, Kharkov, Ukraine, e-mail: ecolog.2601@gmail.com

Подустов Михайло Олексійович – зав. кафедрою, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, e-mail: podustov@kpi.kharkov.ua

Подустов Михаил Алексеевич – зав. Кафедрой, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 61002, вул. Кирпичова, 2, г. Харьков, Украина, e-mail: podustov@kpi.kharkov.ua

Podustov Mikhail Alekseevich – Head of Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" 61002, st. Frunze, 21, Kharkov, Ukraine, e-mail: podustov@kpi.kharkov.ua

УДК 665.223.9

І. В. ЛЕВЧУК, І. М. ДЕМИДОВ, В. К. ТИМЧЕНКО, Т. В. АРУТЮНЯН**ОСОБЛИВОСТІ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ВІТЧИЗНЯНОГО БОРСУКОВОГО ЖИРУ**

У статті зазначено необхідність дослідження фізико-хімічних показників та жирнокислотного складу борсукового жиру вітчизняного виробництва у зв'язку з широким спектром використання даного продукту у різних галузях – від традиційної медицини до харчових біологічно активних добавок. Для визначення жирнокислотного складу зразків досліджено методом газової хроматографії метилові ефіри жирних кислот. У досліджуваних зразках виявлено жирні кислоти, які є попередниками біологічно активних речовин, що відіграють важливу роль в організмі.

Ключові слова: борсуковий жир, насичені жирні кислоти, ненасичені жирні кислоти, омега-3, омега-6, омега-9, вітаміни, антиоксиданти, біологічно активні речовини.

В статье отмечена необходимость исследования физико-химических показателей и жирно-кислотного состава барсучьего жира отечественного производства в связи с широким спектром использования данного продукта в различных областях от традиционной медицины к пищевым биологически активных добавок. Для определения жирнокислотного состава образцов исследовано методом газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот. В исследуемых образцах обнаружено жирные кислоты, которые являются предшественниками биологически активных веществ, которые играют важную роль в организме.

Ключевые слова: барсучий жир, насыщенные жирные кислоты, ненасыщенные жирные кислоты омега-3, омега-6, омега-9, витамины, антиоксиданты, биологически активные вещества.

The article referred to the need to study physical and chemical characteristics and fatty acid composition of fat badger domestic production due to the use of a wide range of products in various fields of traditional medicine to food dietary supplements. To determine the fatty acid composition of samples studied by gas chromatography of methyl esters of fatty acids. In the samples revealed fatty acids are precursors of biologically active substances that play an important role in the body.

Key words: badger fat, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, omega-3, omega-6, omega-9, vitamins, antioxidants and biologically active substances.

Вступ.

В народній медицині жир борсука застосовується вже більше 200 років. Як допоміжний засіб він використовується при виснаженні організму, лікуванні виразок дванадцятипалої кишки і шлунку, атеросклерозу, деяких видів астми, хронічних бронхітів і туберкульозу легенів. Традиційна медицина відносить борсуковий жир до харчових біологічно активних добавок. Його також дозволяється застосовувати для підтримки і профілактики організму під час частих захворювань, для розтирання грудей та спини під час запальних захворюваннях верхніх дихальних шляхів [1, 2] та ревматизмі [3]. Відомо, що він покращує теплообмін в шкірі та підшкірній клітковині і стимулює обмінні процеси, спрямовані на зменшення запалення в органах і тканинах.

Борсук європейський належить до родини куніцевих. Це всеїдна тварина, до раціону якої входять різноманітні об'єкти тваринного і рослинного походження – понад 50 видів комах і 25 видів амфібій, плазунів, птахів та дрібних ссавців, а також фрукти, кореневища тощо). Взимку, коли кормові об'єкти зникають, тварини сплять. Головним джерелом енергії в цей період для них є запас жиру, який борсуки накопичують протягом осені [4].

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

До основних діючих компонентів борсукового жиру відносять ненасичені жирні кислоти та вітаміни, особливо А і Е.

Вітаміни цих груп, що містяться у борсуковому жирі підсилюють протизапальну дію ненасичених жирних кислот, а також виявляють високу антиоксидантну активність здатні активізувати процеси загоювання пошкоджених тканин та сприяють підвищенню імунного захисту, беруть участь в процесах росту, виробляють стероїдні гормони, грають важливу роль у роботі жіночої та чоловічої репродуктивних систем, у процесах ембріонального розвитку, приймають участь в природному синтезі фібрилярних білків (колагена і кератина).

Ненасичені жирні кислоти (в тому числі омега-3, омега-6 і омега-9), високою концентрацією яких відрізняється борсуковий жир, сприяють покращенню обмінних процесів і трофіки тканин, надають протизапальну та антиоксидантну дію, позитивно впливають на функціональний стан серцево-судинної, нервової, репродуктивної, ендокринної, травної та м'язової системи, покращують стан шкіри, сприяє зміцненню імунітету, приймають участь в регуляції вмісту цукру в крові, перешкоджають розвитку онкологічних захворювань.

Присутні у борсуковому жирі органічні кислоти також підсилюють антиоксидантну дію вітаміни вищезазначених груп та жирних кислот, перешкоджають відкладенню солей сечової кислоти в суглобах та органах сечовивідної системи, а також в значному ступені визначають бактерицидні властивості борсукового жиру та сприяють покращенню процесу травлення.

© І.В. Левчук, І.М. Демидов, В.К. Тимченко, Т.В. Арутюнян, 2017

Вітаміни групи В, які також входять до складу досліджуваного жиру відіграють важливу роль в білковому, вуглеводневому, жировому та водно-сольовому обміні, необхідні для формування імунітету, кровотворення та повноцінної роботи органів зору, регулюють роботу мускулатури, серцево-судинної, травної, нервової, ендокринної систем, сприятливо впливають на стан шкіри людини, нігтів та волосся.

Дані щодо жирнокислотного складу борсукового жиру, встановлені різними науковцями, дещо відрізняються між собою. Так за даними [5] жирнокислотний склад представлено кислотами:

Таблиця 1 – Жирнокислотний склад жирів борсука:

Жирні кислоти	Вміст, %
Миристинова	6,0-7,5
Пальмитинова	20,0-21,0
Стеаринова	7,5-8,0
Пальмитолейнова	6,0-8,5
Олейнова	31,0-31,2
Лінолева	8,0-8,7
Елеостеаринова	4,0-4,2
Гадолейнова, арахідонова, брасидинова, нервонова (разом)	12,0-15,0

Так, за даними В.С.Долі із співавторами, найбільше в борсуковому жирі міститься олейнової (43 %) та пальмитинової кислоти (21,5 %), виявлено також значну кількість пальмітолейнової (13 %) кислоти. Вміст стеаринової, лінолевої і ліноленої кислот становить відповідно 6,04 %, 4,5 % та 3 % [6]. Подібні результати отримані і К. Zalewski [7], крім того, автором виявлено наявність ейкозапентаєнової, докозапентаєнової та докозагексаєнової кислот, кількість яких коливалась у межах 0,96-1,6 %, 0,53-0,95 % та 0,30-0,51 % відповідно.

У складі борсукового жиру у формі харчової добавки виявлено більше лінолевої кислоти (15,5 %) менше пальмітолейнової (7,7%) та ліноленої (0,8 %) кислот [8].

Нажаль, не всі автори зазначили, який саме жир було досліджено (підшкірний, внутрішніх органів, чи піддавався він яким-небудь обробкам та ін.), оскільки ця інформація могла б пояснити різницю в отриманих результатах.

Враховуючи постійний попит на біологічно активні добавки природного походження, зокрема, інтерес споживачів і фахівців традиційної та медичної медицини до властивостей борсукового жиру, дослідження його якісного складу, у тому числі, співвідношення жирних кислот, можна віднести до актуальних питань.

Метою даної роботи було визначення жирнокислотного складу борсукового жиру або добавок на його основі.

Викладання основного матеріалу досліджень. Об'єктами дослідження були: зразок борсукового жиру, придбаного на ринку (далі – зразок № 1), та

дієтична добавка «Жир борсуковий» торгова марка «Екобарс», придбана в аптеці (далі – зразок № 2). Походження борсукового жиру придбаного на ринку, і вид його обробки невідомі. Дієтична добавка «Жир борсуковий» виробляється ТОВ "Жаклин Плюс" (м. Суми, Україна).

Для визначення жирнокислотного складу зразків отримували метилові ефіри жирних кислот згідно вимог ДСТУ ISO 5509-2002 «Жири тваринні і рослинні та олії. Приготування метилових ефірів жирних кислот» [9].

Газохроматографічний аналіз проводили згідно вимог ДСТУ ISO 5509-2001 «Жири та олії тваринні й рослинні. Аналізування чинили методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот» [10] на газовому хроматографі 7890 В (Agilent Technologies) з капілярною колонкою sp-2380 (виробник Supelco) довжиною 100 м, внутрішнім діаметром 0,25 мм, товщиною фази 0,2 мкм. Параметри газового хроматографа: швидкість потоку газу-носія (гелій) – 1,2 мл/хв, спосіб введення зразків - з поділом потоку 100:1, температура інжектора – 280 °С, температура детектора – 290 °С, програма термостату колонки – нагрів зі швидкістю 3°/хв від 40 до 260 °С, об'єм, що інжектуювався – 1,0 мкл.

Для ідентифікації хроматографічних піків використовували стандартну суміш метилових ефірів жирних кислот 37 Component FAME Mix т.м. Supelco (кат. № 47885-U). Реєстрацію та обробку хроматограм здійснювали за допомогою персонального комп'ютера, оснащеного програмним забезпеченням Agilent OpenLAB CDS.

Результати досліджень.

Як видно з табл. 2, жирнокислотний склад досліджених зразків суттєво відрізняється.

Так, у зразок № 1 відрізнявся від зразка № 2 значно більшим вмістом міристинової (у 3,2 рази більше), стеаринової (у 3,5 раз більше), пальмітолейнової (у 3,6 раз більше) та лінолевої кислоти (у 4 рази більше). В той же час, вміст у зразку № 1 олейнової та ліноленої кислоти був меншим, ніж у складі зразка № 2 (у 1,5 та 9,3 рази відповідно).

На відміну від зразка № 2, у зразку № 1 виявлено ейкозапентаєнову, докозапентаєнову та докозагексаєнову кислоти у кількості 0,11-0,16 %. зазначені кислоти є попередниками біологічно активних речовин, які відіграють важливу роль в організмі – простагландинів, лейкотриєнів, тромбоксанів.

В обох зразках переважали мононенасичені жирні кислоти (43,0 % і 57,3 % відповідно), дещо менше виявлено поліненасичених (31,3% і 24,2 %) і насичених (25,7 % і 18,6%).

Отримані результати збігаються з літературними даними [7] щодо особливостей жирнокислотного складу борсукового жиру. Так, порівняно із ліпідами тварин, для яких не є характерним зимовий сон, жирова тканина борсука відрізняється високою концентрацією міристинової та пальмітолейнової кислот.

Крім того, ліпіди борсука містять у своєму складі суттєві кількості омега-6 та есенціальних омега-3 ненасичених жирних кислот, що не є типовим для тваринного жиру. Зазвичай, омега-6 кислоти містяться у великій кількості в оліях, а омега-3 більш характерні для жирів морських тварин та рибацького жиру.

Однією з причин різного жирнокислотного складу досліджених зразків може бути різне походження жиру, використаного для їх приготування. За даними [7], вміст окремих жирних кислот та їх груп (насичені, моно- та поліненасичені) в борсуковому жирі може значно коливатись залежно від типу тканини, з якої його виділено. Зазвичай у жирі, виділеному з підшкірної клітковини, жирових відкладень навколо нирок та кишкового, переважають мононенасичені та насичені жирні кислоти, у жирових прошарках м'язової тканини більше насичених жирних кислот, у жирі, виділеному з печінки найбільше поліненасичених жирних кислот.

Таблиця 2. Жирнокислотний склад (відносна масова частка жирних кислот, %) досліджених зразків

Найменування жирних кислот	Зразок № 1	Зразок № 2
Насичені:		
Лауринова (C12:0)	0,19	не більше 0,05
Міристинова (C14:0)	2,9	0,9
Пальмітинова (C16:0)	15,7	14,8
Маргарінова кислота (C 17:0)	0,15	0,8
Стеаринова кислота (C18:0)	6,6	1,9
Арахідова кислота (C 20:0)	0,12	0,09
Сума	25,7	18,6
Мононенасичені:		
Міристолеїнова (C 14:1)	0,4	не більше 0,05
Пальмітолеїнова кислота (C16:1)	6,8	1,9
Гептадецена кислота (C 17:1)	0,16	0,9
Олеїнова кислота (C18:1)	34,8	53,7
Ейкозенова кислота (C 20:1)	0,4	0,7
Докозенова кислота (22:1)	0,4	не більше 0,05
Сума	43,0	57,3
Поліненасичені:		
Лінолева кислота (C 18:2)	28,7	7,1
Ліноленова кислота (C18:3)	1,8	16,7
Ейкозадієнова кислота (C 20:2)	0,28	0,08
Арахідонова кислота (C 20:4)	0,06	0,24
Ейкозапентаєнова кислота (C 20:5)	0,11	не більше 0,05
Докозапентаєнова кислота (C 22:5)	0,16	не більше 0,05
Докозагексаєнова кислота (C 22:6)	0,14	не більше 0,05
Сума	31,3	24,2
Омега-3 жирні кислоти	2,2	16,7
Омега-6 жирні кислоти	28,7	7,3

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Жирнокислотний склад борсукового жиру може відрізнятися в залежності від типу жирових тканин, з

яких його було отримано.

Переважаючими кислотами є мононенасичені, на другому місці – поліненасичені, найменший відсоток становлять насичені кислоти.

Проведенні дослідження свідчать про те, що борсуковий жир містить цінні жирні кислоти, у тому числі незамінні (альфа-ліноленову, ейкозапентаєнову, докозапентаєнову та докозагексаєнову). Особливості жирнокислотного складу ліпідів, виділених з різних тканин, а також в залежності від умов життєдіяльності та годівлі тварин потребують подальшого вивчення.

Крім того, у зв'язку зі спробами фальсифікації борсукового жиру потрібно детально дослідити фізико-хімічні характеристики жиру, а саме: консистенцію, питому вагу, в'язкість, число рефракції, температура плавлення та затвердіння, йодне число, кислотне число [10], а також якісне та кількісне співвідношення жирних та летючих кислот до ненасичених жирних кислот до насичених, вміст вітамінів E і т.ін.

Список літератури

1. Карпова Е.П. Возможности использования эфирных масел в комплексной терапии острых респираторных заболеваний у детей / Е.П. Карпова, Е.Е. Вагина // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2016. – Т 1. – С. 104–109.
2. Место ароматерапии в лечении и профилактике острых респираторных заболеваний / С.В. Зайцева, А.К. Застрожина, Е.А. Бельская // Трудный пациент. 2015. – № 1–2, Т. 13. – С. 26–32.
3. Hancox M. Badger research and human medicine / Lancet. – 1992. – Vol. 339. – P. 317–378.
4. Дикий І. Живлення борсука (Meles Meles L.) на території Західної України / І. Дикий, О. Дика // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія біологія. 2005. – Вип. 17. – С. 42–49.
5. Руководство по методам исследования, техникохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности [Текст]. Т.5 : Справочные материалы по составу и важнейшим свойствам масличных семян, жиров, масел / Под общ. ред.: В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. – Л.: ВНИИЖ, 1969. – 502 с.
6. Изучение жирнокислотного состава барсучьего жира / В.С. Доля, Н.С. Фурса, С.Н. Соленикова и др. // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. / под ред. М.В. Гаврилина / Пятигорская ГФА. – Пятигорск, 2009. – Вип. 64. – С. 277–279.
7. Characterization of fatty acid composition in Eurasian Badger (Meles Meles) / K. Zalewski, D. Martysiak-Zurowska, M. Iwaniuk et al. // Polish J. of Environ. Stud. – 2007. – Vol. 16, N 4. – P. 645–650.
8. Канюка Е.Ю. К вопросу определения жирнокислотного состава барсучьего жира / Е.Ю. Канюка, Е.Н. Юрченко,

- Р.В.Бабич // Матеріали за XII Межд. научна практична конференція «Образование и наука та на XXI век – 2016», 17-15 октомври, 2016 .– Том 6 «Медицина. Биологични науки. Екология. Селско стопанство».– София «БялГРАД-БГ» ООД, 2016. – С. 47–49.
9. Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000, IDT): ДСТУ 5509-2002 – [Чинний від 2003–10–10] – К: Держстандарт України, 2003 – 21 с.: табл. – (Національний стандарт України). Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000, IDT): ДСТУ 5509-2002 – [Чинний від 2003–10–10] – К: Держстандарт України, 2003 – 21 с.: табл. – (Національний стандарт України).
 10. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). Підручник з грифом МОН / Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Денисова А.Є., Демидов І.М., Арсен'єва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. – К.: «Центр учбової літератури», 2016. – 468 с.
 5. Rukovodstvo po metodam issledovaniya, tehnohimicheskomu kontrolju i uchetu proizvodstva v maslozhirovoj promyshlennosti [Tekst]. T.5 : Spravochnye materialy po sostavu i vazhnijshim svojstvam maslichnyh semjan,zhirov,masel / Pod obshh.red.: V.P. Rzhzhina, A.G. Sergeeva. – L. : VNIIZh, 1969. – 502 p.
 6. Izuchenie zhirkislotnogo sostava barsuchego zhira / V.S.Dolya, N.S.Fursa, S.N.Solennikova i dr. // Razrabotka, issledovanie i marketing novoy farmatsevticheskoy produktsii: sb. nauch. tr./ pod red. M.V.Gavrilina / Pyatigorskaya GFA.– Pyatigorsk, 2009. – Vyip. 64. – P. 277–279.
 7. Characterization of fatty acid composition in Eurasian Badger (*Meles Meles*) / K.Zalewski, D.Martysiak-Zurowska, M.Iwaniuk et al. // Polish J. of Environ. Stud. 2007. – Vol. 16, No. 4. – P. 645–650.
 8. Kanyuka E.Yu. K voprosu opredeleniya zhirkislotnogo sostava barsuchego zhira / E.Yu.Kanyuka, E.N.Yurchenko, R.V.Babich // Materiali za XII Mezhdunarodna nauchna praktichna konferentsiya «Obrazovaniye i nauka ta na XXI vek – 2016», 17-15 oktomvri, 2016. – T. 6 «Meditsina. Biologichni naukiy. Ekologiyay. Selsko stopanstvo». – Sofiya «ByalGRAD-BG" OOD, 2016. – P. 47-49.
 9. Zhyry ta oliyi tvarynni i rosllynni. Pryhotuvannya metylovykh efiriv zhyrnykh kyslot (ISO 5509:2000, IDT): DSTU 5509-2002 – [Chynnyy vid 2003–10–10] – K: Derzhstandart Ukrayiny, 2003 – 21 p.: tabl. – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).
 10. Zagal'na tehnologiya harchovoї promislovosti u prikkladah i zadachah (innovacijni zahodi). Pidruchnik z grifom MON / Tovazhnjans'kij L.L., Buhkalo S.I., Kapustenko P.O., Denusova A.E., Demudov I.M., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. ta in. – K.: «Centr uchbovoї literaturi», 2016. – 468 p.

Bibliography (transliterated)

1. Karpova E.P. Vozmozhnosti ispolzovaniya efirnykh masel v kompleksnoy terapii ostryykh respiratornykh zabolevaniy u detey / E.P. Karpova, E.E. Vagina // Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii. 2016. – T 1. – P. 104–109.
2. Mesto aromaterapii v lechenii i profilaktike ostrah respiratornykh zabolevaniy / S.V.Zaytseva, A.K.Zastrozhina, E.A.Belskaya // Trudnyiy patsient. 2015. – No. 1–2, T. 13. – P. 26–32.
3. Hancox M. Badger research and human medicine / Lancet. 1992. – Vol. 339. – P. 317–378.
4. Dykyu I. Zhyvlennya borsuka (*Meles Meles* L.) na terytoriyi Zakhidnoyi Ukrayiny / I. Dykyu, O Dyka // Naukovyy visnyk Uzhhorods'koho universytetu. Seriya biolohiya. 2005. – Vyp. 17. P. 42-49.

Поступила (received) 23.06.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Особливості жирнокислотного складу вітчизняного борсукового жиру / І.В. Левчук, І.М. Демидов, В.К. Тимченко, Т.В. Арутюнян // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 80–84. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Особенности жирнокислотного состава отечественного барсучьего жира / И.В. Левчук, И.М. Демидов, В.К. Тимченко, Т.В. Арутюнян // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 80–84. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Features of the fatty acid composition of domestic badger fat / I.V. Levchuk, I.M. Demidov, V.K. Timchenko, T.V. Arutyunyan// Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18 (1240). – p. 80–84. Bibliog.:10 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Левчук Ірина Володимирівна – ДП «Укрметртестстандарт», старший науковий співробітник, начальник науково-методичної лабораторії хроматографічних досліджень, тел.: (044) 526-10-30, (044) 522-66-57, e-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

Levchuk Iryna Volodymyrivna – head of the scientific-methodical laboratories chromatographic studies SE «Ukrmetrteststandard» tel: (044) 526-10-30, (044) 522-66-57, e-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

Левчук Ірина Владимировна – ГП «Укрметртестстандарт», старший научный сотрудник, начальник научно-методической лаборатории хроматографических исследований, тел.: (044) 526-10-30, (044) 522-66-57, e-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

Демидов Ігор Миколайович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: demigon@rambler.ru

Demydov Igor Mykolayovych – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», professor technology of fats and products of fermentation department, tel.: (057) 707-63-29, e-mail: demigon@rambler.ru

Демидов Игорь Николаевич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры технологии жиров и продуктов брожения, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: demigon@rambler.ru

Тимченко Валентина Кузьмівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: atanusha@i.ua

Timchenko Valentyna Kuzmivna – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», professor technology of fats and products of fermentation department, tel.: (057) 707-63-29, e-mail: atanusha@i.ua

Тимченко Валентина Кузьминична – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры технологии жиров и продуктов брожения, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: atanusha@i.ua

Арутюнян Тетяна Володимирівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: arutunyan@kpi.kharkov.ua

Arutyunyan Tetyana Volodymyrivna – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», docent technology of fats and products of fermentation department, tel.: (057) 707-63-29, e-mail: arutunyan@kpi.kharkov.ua

Арутюнян Татьяна Владимировна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры технологии жиров и продуктов брожения, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: arutunyan@kpi.kharkov.ua

УДК 378.018.43.02:004

А. О. АГЕЙЧЕВА, О. І. КОМАРОВА**ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПЕРЕКЛАДУ АНГЛІЙСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТЕРМІНОЛОГІЇ**

Стаття є оглядом найбільш значних досліджень з проблем перекладу англійської науково-технічної термінології. Представлені класифікація та аналіз труднощів, що виникають при перекладі, пояснені їх основні причини. Пропонуються шляхи вирішення проблем перекладу науково-технічних термінів. В статті досліджено деякі аспекти науково-технічного перекладу. На прикладах підтверджено та доведено головні особливості науково-технічного перекладу. В статті досліджено головні підходи в перекладі науково-технічної термінології. Наведені причини труднощів у процесі аналізу зовнішньої форми і структурної організації терміну.

Ключові слова: складнощі перекладу, функціональні характеристики, трансформації, інтерференція, додавання, уникання, комплексна трансформація

Статья представляет собой обзор наиболее значительных исследований по проблемам перевода английской научно-технической терминологии. Представлены классификация и анализ трудностей, возникающих при переводе, объяснены их основные причины. Предлагаются пути решения проблем перевода научно-технических терминов. В статье исследованы некоторые аспекты научно-технического перевода. На примерах подтверждены и доказаны главные особенности научно-технического перевода. В статье исследованы основные подходы к переводу научно-технической терминологии. Приведены причины трудностей в процессе анализа внешней формы и структурной организации термина.

Ключевые слова: трудности перевода, функциональные характеристики, трансформации, интерференция, добавление, опущение, комплексная трансформация.

Summary. The present article is an outline of the most significant studies in the field of English scientific and technical terminology translation problems. Classification and analysis of difficulties arising in the process of translation are presented, their basic reasons are explained. Ways of solving the problems of scientific and technical translation are suggested. The paper studied some aspects of scientific and technical translation. In the examples shown and confirmed the main features of the scientific and technical translation. The paper examined the main approaches in the translation of scientific and technical terminology. The reasons for the difficulties in the process of analyzing the external form and the structural organization of the term are given.

Keywords: translational difficulties, functional characteristics, transformations, interferention, addition, omission, complex transformation.

Вступ.

Сучасна термінологія – досить складний і неоднорідний лексичний пласт. Попри твердження про однозначність, конкретність, чіткість і ясність термінів, багато з них не можуть вважатися такими, оскільки вони є багатозначними і мають синоніми. Межі між термінологічною і не-термінологічною лексикою часто розмиті. Водночас, стрімкий розвиток термінологічних сфер практично всіх наук призводить до того, що в сучасній термінології з'являється велика кількість нових лексичних одиниць. Подібні терміни починають широко використовуватися, проте їх фіксація в словниках дещо спізнюється, що створює необхідність знання та вмілого застосування перекладацьких прийомів під час їх перекладу. Оскільки основними рисами українського технічного стилю є суворість, ясність викладу, чіткість визначень, лаконічність форми, А.В. Федоров визначив повноцінність перекладу як «вичерпну передачу смислового змісту оригіналу і повну функціонально-стилістичну відповідність йому» [1], то, працюючи зі спеціальними текстами, перекладач зобов'язаний правильно зрозуміти і адекватно передати мовою перекладу всю інформацію, закладену в оригіналі.

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

Вирішальне значення у технічному перекладі має **правильна інтерпретація термінів**, які містять ключову інформацію. Теоретично переклад термінів

не повинен викликати будь-яких ускладнень. Однак, оскільки сучасна термінологія являє собою досить складний і неоднозначний пласт лексики, на практиці ми переконалися, що термінологічні одиниці часто є серйозною перешкодою для правильного розуміння і перекладу спеціальних текстів. Аналіз труднощів перекладу є важливим для навчання іноземної мови, оскільки він «є одним із способів оцінки викладачем ефективності навчання і визначення, на що слід звернути увагу в майбутньому» [2]. Щоб вичерпно передати зміст, необхідно правильно зрозуміти сенс термінологічної одиниці, а також «співвідношення між змістом і формою» [3, с. 121] оригіналу, і підібрати відповідний еквівалент у мові перекладу. При цьому Ю.Н. Марчук закликає не протиставляти синтаксис і семантику у визначенні частин мови і членів речення, а «розглядати ці два аспекти у тісному зв'язку і в їх маніфестації у контексті» [4, с. 42]. Перешкодою для розуміння може стати як форма терміну, так і зміст укладеного в зовнішню зрозумілій формі поняття. Нерідко підбір відповідного еквівалента в мові перекладу також є нелегким завданням для починаючого перекладача.

Викладання основного матеріалу досліджень
Для ілюстрації зупинимось на деяких **стилістично-граматичних особливостях** англійського тексту, **невластивих стилю української технічної літератури:**

© А. О. Агейчева, О. І. Комарова, 2017

1. В англійському тексті переважають **особові форми дієслова**, тоді як українському науковому стилю більш властиві **безособові або невизначено-особові** звороти, наприклад: *You might ask why engineers have generally chosen to supply us with a.c. rather than d.c. for our household needs.* - Можна запитати, чому для домашніх потреб зазвичай використовується змінний, а не постійний ток. *We know the primary coil in the ordinary transformer to have more turns than the secondary one.* - Відомо, що первинна обмотка звичайного трансформатора має більше витків, ніж вторинна.

2. В англійських текстах описового характеру нерідко вживається **майбутній час для вираження теперішньої дії**.

Керуючись контекстом, слід перекладати такі пропозиції не майбутнім, а теперішнім часом, іноді з модальним відтінком: *The zinc in the dry cell accumulates a great many excess electrons which will move to the carbon electrode.* - Цинк в сухому елементі акумулює велике число надлишкових електронів, що **рухаються** до вугільного електроду. *Fig. 10 gives a drawing of a bulb; the filament will be seen in the centre.* - На рис. 10 наводиться креслення електричної лампи; нитку розжарення **видно** в центрі.

3. В англійських технічних текстах особливо часто зустрічаються **пасивні звороти**, тоді як в українській мові пасивний стан вживається значно рідше.

Отже, під час перекладу нам часто доводиться вдаватися до заміни пасивних конструкцій іншими засобами вираження, більш властивими українській мові [5, с. 184]. *This question was discussed at the conference.* - Це питання **було обговорено** на конференції. - Це питання **обговорювалося** на конференції. - Це питання **обговорювали** на конференції. - Конференція **обговорювала** (або: **обговорила**) це питання.

4. Автори англійської технічної літератури широко використовують різні **скорочення**, які абсолютно не вживаються в українській мові, наприклад: **d.c.** (Direct current) - **постійний струм**; **a.c.** (Alternating current) - **змінний струм**; **s.a.** (Sectional area) - **площа перерізу**; **b.p.** (Boiling point) **точка кипіння** та ін.

Такі скорочення в перекладі повинні розшифровуватися і даватися в повному позначенні.

5. Деякі слова або вирази в англійському тексті містять чужий нашій мові образ. Під час перекладу вони повинні замінюватися аналогами, тобто виразами, відповідними за змістом, але більш звичними для українського тексту, наприклад:

We have learned to manufacture dozens of construction materials to substitute iron.

Замість *dozen* – «*тузінь*» в українській мові звичайно в таких випадках вживається слово **десяток**, тому це речення ми перекладаємо так:

«*Ми навчилися виробляти десятки будівельних матеріалів, що замінюють залізо*».

Форма терміну є важливим елементом для його розуміння. Розглянемо труднощі, пов'язані з формою терміну. Форма є невід'ємною частиною семантичної структури будь-якого слова. Без назви предмети і поняття не можуть бути включені до системи мови. Будь-який предмет або явище асоціюються у нас з їх вербальним позначенням у рідній мові. Стосовно іноземної мови, ми можемо не знати того чи іншого слова, проте його форма часто допомагає нам по асоціації з рідною мовою, або ж на основі вже відомих нам слів іноземною мовою ми можемо зрозуміти його без словника. Н.І. Шахова, вивчаючи питання розуміння слів у процесі читання, виділила три їх категорії: слова, розуміння яких відбувається через усвідомлення їхньої **графіки**; слова, розуміння яких відбувається через усвідомлення їхньої **структури**; слова, розуміння яких відбувається через розуміння їхнього **контексту** [6, с. 124].

Подібна класифікація повною мірою стосується термінів. Так, до першої групи можна віднести весь комплекс **інтернаціональних** термінів, форми яких у мовах оригіналу та перекладу схожі. Наприклад, схожа графічна форма терміну *process* - *процес* допомагає зрозуміти його значення в тексті. Що стосується терміну *expert*, то хоча для його перекладу краще використовувати український еквівалент «*спеціаліст*», замість запозичення «*експерт*», форма англійського терміну є і в цьому випадку ключем для правильного трактування [7, с. 27].

До термінів, розуміння яких відбувається через контекст, відносяться багатозначні слова і словосполучення, реалії, терміни та слова, які набули нового значення у спеціальному контексті, так звані **конотовані** терміни. Аналіз контексту при роботі з подібними термінами необхідний для їх правильного перекладу [8, с. 31].

Під час перекладу термінів важливо враховувати багато факторів, однак якщо правильно виділено той елемент, який допомагає встановити послідовність між відомим і новим, це можна вважати першим кроком до правильного розуміння. Усі види аналізу терміна: компонентний, словотвірний, морфологічний, контекстуальний полегшують розуміння терміну. Стосовно термінів, що відносяться до перших двох груп, то грамотно проведений аналіз форми терміну в цьому випадку найчастіше призводить до його розуміння і вірного перекладу [9, с. 38].

На жаль, зовнішня форма не завжди допомагає зрозуміти термін, а іноді навіть є джерелом помилок. Бувають випадки, коли аналіз форми терміну, його структурної організації не тільки не сприяв, а, навпаки, ускладнював розуміння, призводив до неправильної інтерпретації. Причиною труднощів у процесі аналізу зовнішньої форми і структурної організації терміну може стати: **інтерференція** рідної мови; внутрішньомовна **омонімія**; **чужорідна** для мови перекладу **форма** терміну; **складна структурна організація** терміну.

Коли людина вчить іноземну мову, вона підсвідомо порівнює її з рідною, намагається виявити подібність одиниць у обох мовах. Іноді таке зіставлення корисне, воно допомагає швидше засвоїти інтернаціональну лексику. Однак досить часто інтерференція рідної мови сильно заважає роботі перекладача [10, с. 7].

В.В. Алімов називає «дві будь-які значущі одиниці (морфеми, слова, вирази, речення), які за звучанням / написанням та функціями в одній мові нагадують відповідні одиниці і функції в іншій мові» [11, с. 15] **інтерферентами** і виділяє як **позитивні**, так і **негативні** інтерференти. «Мовна інтерференція визначається як взаємодія мовних систем в умовах двомовності, що формується або за взаємодії різномовних соціумів, або у разі індивідуального білінгвізму». «Основною причиною **деструктивної інтерференції** у технічному перекладі є недостатня або надмірна ідентифікація якихось лінгвістичних і спеціальних явищ і функцій в одній мові і їх компенсація схожими, на думку перекладача, явищами і функціями у іншій мові» [11, с. 22].

Подібні слова створюють значні труднощі під час перекладу і отримали назву **«хибних друзів перекладача»**. Л.І. Борисова характеризує дану категорію слів як велику і різнорідну, «що містить інтернаціональну лексику, псевдо-інтернаціональні слова, пароніми та інші типи міжмовних аналогізмів» [12, с. 8]. Оскільки вони збігаються з українськими паралелями у своїх інтернаціональних значеннях, то легко ототожнюються з ними під час перекладу, оскільки міжмовні аналогізми мають деяку графічну (або фонетичну), граматичну, а часто і семантичну спільність. «Вживання термінів, що неправильно відображають предметно-логічні відносини між поняттями, може бути причиною зсуву понять, що в свою чергу порушує достовірність отримуваної інформації» [13, с. 79].

У більшості випадків українське слово збігається з англійським не у всіх значеннях, а лише в одному-двох. «Зазвичай це відбувається, коли англійське слово було запозичене в українській мові лише в частині своїх значень» [14].

Нерідко схожість форми українського та англійського терміну носить випадковий характер і може обмежуватися збігом фонетичної чи графічної форми. Існує також **фонетико-графічна омонімія**, за зовнішньою формою і звучанням вони нагадують лексичні одиниці української мови, що мають зовсім інше значення : **SFIO (free in and out - навантаження і розвантаження за рахунок фрахтувальника)** - скорочення, подібне по формі і звучанням з російським **ФИО (ПБ) - прізвище, ім'я, по-батькові**. І, хоча цей удаваний збіг стосується не української, а російської мови, на підсвідомому рівні він нерідко викликає відповідні асоціації у перекладача навіть під час перекладу українською мовою. Термін **«gar»** являє собою графічний омонім, оскільки його зовнішня форма схожа з українським словом **«дар»**.

У результаті взаємовпливу мов, рідше через випадкові зовнішні збіги, терміни, «будучи елементами відповідної терміносистеми, мають разом з тим досить «прозору» внутрішню форму, щоб ввести перекладача в оману» [15, с. 276], тому що «прозора внутрішня форма» має мало спільного з їх дійсним значенням» [16, с. 55].

Перекладачі-початківці мають бути гранично обережними під час аналізу термінологічних одиниць. Слід уважно вивчити семантичні зв'язки такого терміну з іншими членами речення, спираючись на контекст, не поспішати дати переклад здавалося б знайомого слова. «Налаштованість на семантичні параметри дозволяє перекладачеві позбутися надмірного впливу внутрішньої форми перекладеної лексичної одиниці, і тим самим уникнути буквализму» [17, с. 100].

Людина, яка певною мірою володіє іноземною мовою, відчуває також вплив іноземної мови, «звичайно, читаючи тексти нерідною мовою ми подумки перекладаємо їх, хоча і не помічаємо цього» [18, с. 68]. Такий неявний переклад виражається в ідентифікації зовнішнього або звукового образу іноземного слова з тим поняттям, яке воно позначає. Оскільки інтерференція «може бути **міжмовною і внутрішньомовною**» [19, с. 209], зіставлення образу і поняття може бути невірним.

Нерідко проблема перекладу полягає в утриманні закладеного у терміні поняття. У процесі перекладу «невід'ємну частину становить **з'ясування змісту оригіналу**, що підлягає передачі засобами іншої мови». [20, с. 6], оскільки саме зміст має залишитися незмінним під час перекладу, неправильне трактування змісту може призвести до повного або часткового **спотворення** всього висловлювання. Причиною труднощів, пов'язаних з інтерпретацією образу, закладеного в терміні, може бути: недостатнє знання системи понять тієї галузі науки, у якій здійснюється переклад; національна специфіка терміну; неоднорідність термінології.

Як висловився А.А. Реформатський, «термінологія як сукупність слів – слуга двох хазяїв: системи лексики і системи наукових понять» [21, с. 122]. Отже, «розуміння і тлумачення термінів засноване на знанні не тільки відповідних визначень, а й тих метамовних кондицій, у яких ці терміни реалізуються; зміст терміну не обмежується його дефініцією, а визначається поняттям, яке він позначає, а також тим місцем, яке це поняття займає в загальній системі наукових понять даної теорії або напряму» [18, с. 38]. Термінологія «як сукупність термінів має національний характер, тому що це - частина лексичного складу конкретної національної мови, вона формується на основі загальнонародної мови, обумовлена нею». [22, с. 94]. «Терміни, що позначають один і той же предмет чи явище, але утворені з використанням різних ознак номінації, підкреслюють специфіку національного інформаційно-мовного відображення дійсності і по-

своєму доповнюють один одного, семантично інформуючи, які сторони об'єктивної реальності в них фіксуються. Кожна мова впорядковує дійсність по-своєму», «лексичне поняття супроводжується певним культурним компонентом, сама дійсність може не повністю збігатися у різних народів» [16, с. 12]. Крім того, як абсолютно вірно помітила В.В. Ощепкова, «країнознавчий культурний компонент у смисловій структурі слова може змінюватися в різні періоди історії під впливом таких екстралінгвістичних факторів, як правові та соціальні установки, звичаї, традиції, побут тощо.» [23, с. 145].

У процесі перекладу подібних термінів спостерігається явище, назване **«культурною інтерференцією»**, коли система понять рідної мови переноситься в іноземну, призводячи до змішання понять. Все це створює необхідність «при вивченні іноземної мови засвоювати собі не лише нову звукову форму слів, але і нову систему понять, що лежить в їх основі, реалії іншої мови, іншу систему номінації та засобів образності, інший тип мислення і лад мови» [24, с. 127].

А.Г. Голодов відносить фонові знання, а також мотивуючі ознаки, покладені в основу найменувань, до властивостей, що перешкоджають правильній інтерпретації термінів іноземною мовою. У пошуках позначення для того чи іншого нового поняття люди керуються своїми уявленнями про позначуваний предмет або явище, які можуть сильно відрізнятися у різних народів. Очевидно, що людина незнайома з дійсністю і звичаями Великобританії часто не в змозі зрозуміти логіки, згідно з якою явище отримало свою назву, оскільки **«національно-культурна специфіка** слова окремо в словниках, як правило, не відбивається і **присутня імпліцитно**, пронизує всі компоненти значення слова, відбивається екстралінгвістично, висвітлюється стилістичними, комбінаторними та іншими різновидами слововживання» [25, с. 77].

Національно-культурні особливості притаманні, в основному, термінованій лексиці (перейшла із суспільної мови в термінологію), вона не позбавляється образності, що не пориває з тими культурно-історичними асоціаціями, які є у вихідного слова. Так сталося з терміном **«blue-**

collar»- «робітник». Подібна назва виникла, оскільки робітники у Великобританії носили комірці синього кольору на відміну від «білокомірцевих» службовців (**«white-collar criminal» – «шахрай»**) і т. і., з числа службовців або осіб, що займають високу суспільну позицію. Подібні терміни можуть не бути реаліями, однак їх походження вмотивовано певними національними особливостями, як у наведеному вище прикладі.

Що стосується лексики термінологічного характеру, то подібні одиниці, «не відриваючись від «термінологічної» семантики, розвивають вторинні, вже власне лексичні значення» [26, с. 71]. Лексика, що прийшла в суспільну мову з термінології, акумулює в собі фонові семантичні частки національно-культурного генезису точно так само, як і звичайні слова. У наш час, коли люди все активніше цікавляться політикою, економікою, прагнуть знати закони, багато спеціальних термінів входить до суспільної мови і асимілюється там.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Як відомо, джерелом формування термінологічної інформації є практична творча діяльність людей, суспільно-пізнавальний досвід. Цим визначається соціальна сутність термінологічної інформації, яка концентрує в собі колективну профільно-наукову пам'ять, базовими одиницями якої виступають поняття. Формування нового поняття нерідко пов'язане із новим сприйняттям предмета, який розуміється на базі наявного мовного досвіду.

Перекладач повинен **вивчити ту область науки і техніки, в якій він працює** [27, р. 3–5]. Це дає йому можливість домогтися вичерпного розуміння змісту понять, що виражені термінами. Недостатня обізнаність у тій галузі знання, до якої відноситься текст, що перекладається, «незнання властивостей конкретних предметів дійсності, предмета як такого» веде до нерозуміння терміну, незважаючи на те, що його форма може бути зрозуміла або навіть знайома перекладачеві.

Список литературы

1. Федоров, А.В. Основы общей теории перевода. Лингвистические проблемы : учебное пособие / А.В. Федоров. – М. : Высш. школа, 2009. – 396 с.
2. Алимов В.В. Явление лингвистической интерференции при изучении специального перевода : автореф. дис. канд. филолог. наук. / В.В. Алимов. – М. : МГУ, 2008. – 24 с.
3. Нелюбин Л.Л. Введение в технику перевода (когнитивный теоретико-прагматический аспект): учебное пособие / Л.Л. Нелюбин. – М. : Изд-во МГОУ, 2005. – 153 с.
4. Марчук Ю.Н. Проблемы машинного перевода : учебное пособие / Ю.Н. Марчук. – М. : Наука, 2008. – 232 с.
5. Ковтун О.В. Особливості перекладу англійських авіаційних термінів українською мовою: матеріали III міжн. наук.-практ. конф. [«Соціокультурні та етнолінгвістичні проблеми галузевого перекладу в парадигмі євроінтеграції»], (2-3 квітня 2010 р.). – К.: АграрМедіаГруп, 2010. – С. 182–186.
6. Шахова Н.И. Вопросы обучения пониманию слов в процессе чтения / Н.И. Шахова // Лингвистика и методика преподавания иностранного языка. – М. : Наука, 2006. – С. 124–128.
7. Рябцева Н.К. Перевод как специальная речевая деятельность / Н.К. Рябцева // Проблемы перевода текстов разных типов. – М. : Ин-т языкознания, 2007. – С. 22–35.

8. Кучман І. Переклад англійських термінів у галузі комп'ютерних технологій / І. Кучман // Вісник Житомир. держ. ун-ту імені Івана Франка. 2005. – Вип. 10. – С. 25–32.
9. Корбут О.Г. До проблеми труднощів перекладу технічних термінів у студентів машинобудівних спеціальностей / О.Г. Корбут // Advanced Education. – Вип.1. – 2014 – С. 36–41.
10. Смірнова Т.В. Лексичні прийоми перекладу термінологічних одиниць транспортної галузі (Нац. авіаційний ун-т, м. Київ). – Електронний ресурс: <http://er.nau.edu/ua>.
11. Алимов В.В. Явление лингвистической интерференции при изучении специального перевода : автореф. дис. канд. филолог. наук. / В.В. Алимов. - М. : МГУ, 2008. – 24 с.
12. Борисова Л.И. Ложные друзья переводчика. Общенаучная лексика: учебное пособие / Л.И. Борисова. - М. : НВИ-ТЕЗАУРУС, 2009. – 212 с.
13. Дубчинский В.В. Лексические параллели : учебное пособие / В.В. Дубчинский. – Харьков : Харьковское лексикографическое о-во, 2009. – 155 с.
14. Бондар Л.А. Механізми перекладу англійських термінів-новоутворень українською мовою / Л.А. Бондар // Філологічні студії. – Вип. 6. 2011. – С. 81–87.
15. Влахов С.Н. Непереводимое в переводе : учебное пособие / С.Н. Влахов, С.П. Флорин. – М.: - Международные отношения, 2008 – 342 с.
16. Казимира З., Казимира І. Англійська мова та комп'ютерні системи: взаємна мотивація до вивчення // Проблеми лінгвістики науково-технічного і художнього текстів та питання лінгвометодики. – Вісник ДУ «ЛП». – № 355. – Львів. 1998. – С. 55–61.
17. Givon N. Mind, code and context. Essays in pragmatics : Hilsdale, New Jersey. – London, 1989. – 263 p.
18. Гвишиани Н.Б. Язык научного общения. Вопросы методологии : монография / Н.Б. Гвишиани. - М. : Высшая школа, 2010. – 280 с.
19. Коваленко А.Я. Загальний курс науково-технічного перекладу: [посібник для студентів перекладацьких факультетів] / А.Я. Коваленко. – К.: Інкос, 2002. – 320 с.
20. Зражевская Т.А. Трудности перевода общественно-политического текста с английского языка на русский : учебное пособие / Т.А. Зражевская. - М. : Высшая школа, 2006. – 239 с.
21. Кияк Т. Функції та переклад термінів у фахових текстах / Т. Кияк // Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія «Проблеми української термінології». 2008. – № 620. – С. 3–5.
22. Звегинцев В.А. Семиолингвистические универсалии / В.А. Звегинцев // Язык и человек. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2007. – С. 93–104.
23. Ощепкова В.В. О национально-культурном своеобразии лексики австралийского варианта английского языка / В.В. Ощепкова // Лингвистика и преподавание языка: сб. науч. статей. – М. : МОПИ, 2008. – С. 136–147.
24. Абабілова Н.М., Білокамінська В.Л. Особливості перекладу термінів українською мовою / Н.М. Абабілова, В.Л. Білокамінська // Молодий вчений. – № 2(17). 2015. – С. 126–128.
25. Гільченко Р.О. Загальні аспекти нормалізації авіаційних термінів // Гуманітарна освіта в технічних вищих навчальних закладах: 36. Наук. Праць. – К.: ІВЦ Держкомстату України, 2002. – Вип. 2. – С. 75–84.
26. Йебра В.Г. Изучение языков и перевод / В.Г. Йебра // Язык. Поэтика. Перевод. - М. : МГЛУ, 2006. – № 426. – С. 66–75.
27. Richards J.C. The study of learner English / J.C. Richards, G. Sampson G // Error analysis (perspectives on second language acquisition): Longman Group Ltd., 2007. – P. 3–5.

Bibliography (transliterated)

1. Fedorov A.V. Global Basics theory of translation. Linguistic problems: educational guidance / A.V. Fedorov. - Moscow: High society. School, 2009. – 396 p.
2. V.V. Alymov Phenomenon linguistic interfection with specially Study of translation: Thesis. Dis. candidate. Sciences / V.V. Alymov. - Moscow: Moscow State University, 2008. – 24 p.
3. Nelyubin L.L. Introduction to the technician for translations (gognitive phonetic theoretical aspect): educational guidance / L.L. Nelyubin. – Moscow: Publishing House MHO, 2005. – 153 p.
4. Marchuk Y.N. Problems of technical translation guidance / Y.N. Marchuk. – Moscow: Nauka, 2008. – 232 p.
5. Kovtun O.V. Features of aviation terms English translation in Ukrainian materials III Int. nauk. and practical. Conf. [«Socio-cultural and ethno-linguistic problems of translation industry in the paradigm of European integration»] (2-3 April 2010). – K. : AhrarMediaHrup, 2010. – P. 182–186.
6. Shahova N.I. Questions Understanding learning words in the process of reading / N.I. Shahova // Lynhvystyka and metody prepodavanyya ynostrannoho yazyka. - Moscow: Nauka, 2006. – P. 124–128.
7. Riabtseva N.K. Other special speaking How Transfer Activities / NK Riabtseva // Problems of translation text different types. - M: Eun-t yazykoznanyya, 2007. – P. 22–35.
8. Kuchman J. Translation English terms in computer technology / J. Kuchman // Journal of Zhitomir. state. Univ Franko. 2005 – Vol. 10. – P. 25–32.
9. Korbut E.G. The problem of translation of technical difficulties in terms of students of engineering specialties / E.G. Korbut // Advanced Education. - Ed.1. 2014 – P. 36–41.
10. Smirnova T.V. Lexical translation techniques terminological units transport sector (Nat. Univ Aviation, m. Kyiv). - Electronic resource: <http://er.nau.edu/ua>.
11. V.V. Alymov Phenomenon Linguistic Interfection with specially Study of translation: Thesis. Dis. candidate. / V.V. Alymov. - Moscow: Moscow State University, 2008. – 24 p.
12. L.I. Borisova Fail friends translator. Sxcientific language: educational guidance / L.I. Borisova. - Moscow: NVY-thesaurus, 2009. – 212 p.
13. Dubychynskyy V.V. Parallel Lexic: educational guidance / V.V. Dubchynskyy. - Kharkov: Kharkiv publishing house, 2009. – 155 p.
14. L. Bondar Mechanisms translation English terms, tumors Ukrainian language / L.A. Bondar // Philological studies. – Vol. 6. 2011. – P. 81–87.

15. Vlahov S.N. Non translating translates into: guidance / S.N. Vlahov, S.P. Florin. – М.: – The International relations, 2008 – 342 p.
16. Z. Kazimir, I. Kazimir English and computer systems, mutual motivation to study linguistics // Problems of scientific, technical and artistic texts and questions lnhvometodyky. - Bulletin control «LP». – № 355. – Lviv. 1998. – P. 55–61.
17. Givon N. Mind, code and context. Essays in pragmatics: Hilsdale, New Jersey. – London, 1989. – 263p.
18. Hvyshyany N.B. Dual scientific communication. Questions of methodology: monograph / N.B. Hvyshyany. - Moscow: Higher School, 2010. – 280 p.
19. A.J. Kovalenko The overall rate of scientific and technical translation: [translation tool for students of faculties] / A.J. Kovalenko. – К.: Inkos, 2002. – 320 p.
20. Zrazhevskaya, T.A. Difficulties of translation socially politics with the text of English to Russian: educational guidance / T.A. Zrazhevskaya. - Moscow: Higher School, 2006. – 239 p.
21. T. Kyvak Functions and translation of terms in specialized texts / T.V. Kyvak // Bulletin. Univ «Lviv Polytechnic». Series «Problems of Ukrainian terminology». 2008. – № 620. – P. 3–5.
22. Zveyhtsev V.A. Semiologistic universalii /V.A. Zveyhtsev // Language and people. – Moscow: Publishing House of Moscow. University Press, 2007. – P. 93–104.
23. V.V. Oshchepkova At the national-cultural originality vocabulary australian variant of English / V.V. Oshchepkova // Lynhvystyka and prepodavanye yazyka: coll. scientific. articles. – Moscow: Mops, 2008. – P. 136–147.
24. Ababilova N.M., Bilokaminska V.L. Features Ukrainian language translation of terms / N.M. Ababilova, V.L. // Bilokaminska young scientists. - number 2 (17). 2015. – P. 126–128.
25. R. Hilchenko. General aspects of normalization of aviation terms // Humanitarian education in technical universities: Coll. Science. Works. – К.: IVTS State Statistics Committee of Ukraine, 2002. – Vol. 2. – P. 75–84.
26. Yebra, V. Language Study and Translation / VG // Yebra language. Poetyka. Translation. - Moscow: MHLU, 2006. – № 426. – P. 66–75.
27. Richards J.C. The study of learner English / J.C. Richards, G. Sampson G // Error analysis (perspectives on second language acquisition): Longman Group Ltd., 2007. – P. 3–5.

Поступила (received) 22.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Аналіз граматичних можливостей науково-технічного перекладу / А. О. Агейчева, О. І. Комарова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 85–90. – Бібліогр.: 27 назв. – ISSN 2220-4784.

Анализ грамматических возможностей научно-технического перевода / А. А. Агейчева, А. И. Комарова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 85–90. – Библиогр.: 27 назв. – ISSN 2220-4784.

Scientific technical translation grammar peculiarities analysis / A. O. Ageycheva, O. I. Komarova // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18 (1240). – p. 85–90. Bibliog.: 27 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Агейчева Анна Олександрівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземної філології та перекладу, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.: +380676611159; e-mail: ageycheva@i.ua

Ageicheva Anna Alexandrovna – PhD, candidate of pedagogical sciences, Associate Professor, Department of Foreign Philology and Translation, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University+380676611159; e-mail: ageycheva@i.ua

Агейчева Анна Александровна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранной филологии и перевода, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка +380676611159; e-mail: ageycheva@i.ua

Комарова Олександра Іванівна – викладач кафедри іноземної філології та перекладу, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.: +380950340552 e-mail: euacademy@i.ua

Komarova Olexandra Ivanivna – teacher, Department of Foreign Philology and Translation, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University+380950340552 e-mail: euacademy@i.ua

Комарова Александра Ивановна – преподаватель кафедры иностранной филологии и перевода, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка.: +380950340552 e-mail: euacademy@i.ua

УДК 339.117

Р. Ф. СМОЛОВИК, Н. Б. ТОКАРЬ, А. Н. БОНДАРЕНКО**АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ И ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Анализируются некоторые направления способствующее повышению эффективности использования основных производственных средств предприятия, особенно их активной части, то есть оборудования, транспортных средств поскольку они непосредственно участвуют в процессе производства товаров, продукции услуг. Рассмотрены некоторые вопросы, характеризующие влияние уровня технической оснащенности процессов механической обработки на эффективность технологических процессов на основе анализа как частных показателей эффективности, так и общих, учитывающих снижение затрат общественного труда в процессе изготовления продукции.

Ключевые слова: основные производственные средства, фондоотдача и фондовооруженность, электровооруженность, техническая оснащенность, приспособления, инструмент, эффективность, трудоемкость, затраты, материалоемкость, себестоимость.

Аналізуються деякі напрямки сприяє підвищенню ефективності використання основних виробничих засобів підприємства, особливо їх активної частини, тобто обладнання, транспортних засобів оскільки вони безпосередньо беруть участь в процесі виробництва товарів, продукції послуг. Розглянуто деякі питання, що характеризують вплив рівня технічної оснащеності процесів механічної обробки на ефективність технологічних процесів на основі аналізу як приватних показників ефективності, так і загальних, що враховують зниження витрат суспільної праці в процесі виготовлення продукції.

Ключові слова: основні виробничі засоби, фондовіддача та фондоозброєність, електроозброєність, технічна оснащення, пристосування, інструмент, ефективність, трудомісткість, витрати, матеріалоемність, собівартість.

Analyses some directions assisting the increase of efficiency of the use of the fixed productive assets of enterprise, especially their active part, that is equipment, transport vehicles as they directly participate in the process of producing goods, products of services. Some questions are considered, characterizing influence of level of technical equipped of processes of tooling on efficiency of technological processes on the basis of analysis of both private indexes of efficiency and total, taking into account a decline expenses of public labor in the process of making of products. As well as reducing costs as a living and past labor, and their impact on reducing production costs and improving the efficiency of the results of economic activity of the enterprise. We consider the change in working capital in the structure of technological equipment costs.

Keywords: fixed productive assets, capital productivity, electro-armed, technical equipped, adaptations, instrument, efficiency, labor intensiveness, expenses, resource-demanding, prime price.

Вступление.

Опыт стран с развитой рыночной экономикой позволяет сделать вывод что, выход из кризисной ситуации возможен при условии инвестирования финансовых ресурсов в обновление средств производства, обеспечивающих постоянный рост производительности общественного труда [1].

Создание и использование инновационных средств труда находят положительное влияние, в первую очередь, в значительном росте фондовооруженности труда и фондоотдачи. В связи с этим анализ направлений, взаимосвязанных с улучшением основных средств производства позволяет наметить основные пути, способствующие росту производительности труда.

Постановка научной проблемы.

Поскольку технический прогресс находит свое отражение в первую очередь в росте фондоотдачи и фондовооруженности труда, поэтому рассмотрение вопросов, связанных с их лучшим использованием, позволит правильно наметить основные направления, способствующие росту производительности труда.

В связи с этим должна быть определена система показателей, с помощью которых можно измерять влияние использования техники и технологии на экономику предприятия, установить качественную и количественную зависимость эффективности работы

предприятия от технического уровня производства.

Установление такой зависимости между ними способствует правильному выбору решений при разработке рекомендаций, направленных на улучшение состояния экономики промышленного предприятия, повышение эффективности производства.

Необходимо также учитывать, что рост фонда вооруженности активной части основных средств приводит автоматически к повышению фондовооруженности труда оборотными средствами, так как может быть переработано значительно большее количество материальных ресурсов при использовании инновационного, более производительного оборудования.

Кроме того, анализ влияния фондовооруженности труда на производительность и эффективность производства должен производиться в обязательном сочетании с анализом структуры активной части основных производственных средств.

Это объясняется, в основном, тем, что если на первом этапе, как правило, осуществляется малая механизация производства, то есть замена ручного труда механизированным, то дальнейшее увеличение фондовооруженности вызвано

© Р. Ф. Смолоник, Н. Б. Токар, А. Н. Бондаренко, 2017

осуществлением второго этапа механизации, когда ручной труд заменяется машинным. Мероприятия по механизации способствуют более значительному росту производительности труда и увеличивают стоимость основных производственных средств [2].

В связи с этим цель статьи заключается в анализе влияния основных средств, фондоотдачи, фондовооруженности на рост производительности труда и повышение эффективности производства, которое должно производиться в сочетании с анализом структуры основных производственных средств.

Изложение основного материала исследований.

Роль структуры основных производственных средств в этом отношении весьма существенна. Ее качественный состав, даже при одинаковых уровнях фондовооруженности, позволяет получать различную отдачу. Как правило, чем выше удельный вес активной части основных фондов, тем выше производительность труда [3]. Чем выше в активной части удельный вес прогрессивного высокопроизводительного оборудования, тем выше производительность.

Следовательно, для увеличения фондовооруженности необходимо улучшать структуру основных производственных средств, и прежде всего их активной части. Применение прогрессивных групп оборудования, увеличение времени работы его в календарном периоде, модернизация установленного оборудования, внедрение средств механизации производственных и вспомогательных процессов – все это способствует улучшению использования основных производственных средств, а также качественным изменениям уровня фондовооруженности и росту производительности труда.

Большое влияние на технико-экономические показатели фондовооруженность и электровооруженность оказывают через уровень использования оборудования, то есть через коэффициенты сменности и загрузки оборудования. В зависимости от использования средств труда изменяется не только фондоотдача, но, в определенном диапазоне, и себестоимость продукции.

В связи с этим важное значение в современных условиях имеет анализ динамики коэффициента сменности работы оборудования, особенно его активной части. Анализ данных о простоях оборудования позволяет наметить мероприятия по их уменьшению, либо в идеале их ликвидации полностью. Практический опыт промышленных предприятий позволяет сделать вывод о том, что главным фактором, влияющим на внутрисменные и целодневные простои оборудования, является не укомплектованность рабочих мест соответствующими трудовыми ресурсами.

Второе место занимают простои оборудования в связи с их технической неисправностью, внеплановым ремонтом. Причина здесь кроется в

том, что на предприятиях эксплуатируется большое количество морально устаревшего и физически изношенного оборудования.

Кроме частых ремонтов оборудования, имеющего большой возраст, и связанных с этим простоев и неполного его использования, оно не обеспечивает предъявляемых к нему требований по производительности, точностным характеристикам и технико-экономическим показателям и не соответствует современному состоянию техники. Замена этого оборудования новым создает предпосылки для значительного повышения производительности, улучшения экономических показателей производства.

На уровень показателей использования основных производственных средств существенно влияют также технико-экономические и производственное планирование.

Постоянный рост объема выпуска продукции и увеличение темпов прироста производительности труда немислимы без систематического совершенствования основных производственных средств и обновления станочного парка.

Рабочие, силовые машины и оборудование, являются активной частью основных производственных средств, повышают техническую оснащенность производства, непосредственно влияют на повышение производительности труда. Эта часть основных производственных средств оказывает непосредственное влияние на технологический процесс, создавая условия для применения прогрессивной технологии. Имеется в виду, что и структура активной части основных производственных средств должна быть прогрессивной. По отношению, например, к металлорежущему оборудованию это должно означать снижение удельного веса универсальных «стружкообразующих» станков и увеличение доли оборудования для финишной обработки. Практически это возможно при получении заготовок, получаемых прогрессивными методами – точным литьем, штамповкой, то есть при максимальном приближении размеров заготовок к размерам готовых деталей.

Использование прогрессивных видов заготовок позволяет получить значительный экономический эффект (уменьшения количества металла, перерабатываемого в стружку; снижения расхода металла на единицу продукции; высвобождения из сферы производства огромных количеств оборудования, производственных площадей и возможность их использования для различных процессов производства).

Широкое применение прогрессивных высокопроизводительных групп оборудования для механической обработки деталей способствует также лучшему использованию производственных площадей, увеличивая съем продукции с одного квадратного метра площади и с одной гривны стоимости основных производственных средств.

Следует отметить, что увеличение серийности производства оказывает решающее влияние на колебания в структуре и составе основных производственных средств. Специализация и неразрывно связанная с ней концентрация производства позволяет более эффективно применять автоматические и специальные станки, а также большое количество прогрессивных приспособлений и специального инструмента.

Улучшение состава прогрессивного оборудования позволяет повысить производительность труда на 5-15 процентов. Улучшение технико-экономических показателей производства зависит также от уровня использования энергетических возможностей оборудования.

Практика работы машиностроительных предприятий Харькова свидетельствует о том, что не все энергетические возможности оборудования используются полностью. Мощность установленных электродвигателей используется только на 9-34 процента, причем на протяжении последних лет этот уровень не повышается.

Большие резервы интенсивного использования оборудования заложены в улучшении структуры времени изготовления деталей, узлов и изделий. Практика промышленных предприятий позволяет сделать вывод, что при расточке машинное время, при резании на токарных станках составляет 26 процентов от штучно-калькуляционного времени, что наглядно иллюстрирует те большие возможности, которыми располагает промышленность при использовании резервов, скрытых в структуре времени обработки.

Одним из наиболее важных направлений в решении этого вопроса является механизация и автоматизация вспомогательных операций [4]. Это позволяет не только уменьшить затраты труда на вспомогательных работах, связанных с производством технологической операции, но и сократить машинное время.

В решении указанных задач основная роль отводится средствам малой механизации, облегчающим труд рабочего и делающим его более производительным. К числу таких средств относятся различного рода приспособления: закрепляющие, фиксирующие, зажимающие детали при обработке. Область применения таких приспособлений безгранична, а экономическая эффективность использования их очень высока.

Необходимо также учитывать, что большие затраты времени на обслуживание рабочего места и огромные потери времени по организационным причинам обусловлены недостаточным оснащением и низким уровнем организации труда на рабочем месте. При работе на станках обслуживание рабочего места занимает от 5 процентов до 16,5 процента штучного времени. Наиболее высокие затраты труда при обслуживании расточных и круглошлифовальных станков. Величина их колеблется от 16 до 29 процентов всех затрат времени на изготовление детали. При работе на

токарных станках потери по организационным причинам составляют до 30 процентов. Из можно уменьшить в 2-3 раза, если предприятия будут стремиться к эффективному использованию затрат живого труда. Рациональное обеспечение рабочего места приспособлениями, инструментом, хозяйственным инвентарем, позволяет сократить время обработки изделий, поскольку назначение, определяется существованием технологической оснастки необходимостью наиболее рационального обеспечения производственного процесса, создание условий для лучшей организации труда.

Все оснащение рабочего места станочника можно разделить на несколько больших групп:

- оборудование и организационная оснастка;
- режущий инструмент, измерительный инструмент и приспособления;
- вспомогательный инструмент;
- средства по уходу за оборудованием и рабочим местом.

Набор инструментов, организационной оснастки и приспособлений, постоянно находящихся под рукой рабочего, зависит, в первую очередь, от принятого технологического процесса, масштабов производства и системы обслуживания рабочего места инструментарием, заготовками, технической документацией. Но, независимо от указанных факторов, каждая из названных групп оснащения, в определенной степени, влияет на производительность труда станочника.

Наличие средств по уходу за оборудованием, рабочим местом способствует сокращению времени обслуживания станков, что, в свою очередь, улучшает использование рабочего времени, смены и увеличивает производительность труда.

Необходимо учитывать и тот факт, что экономическая эффективность использования универсальных станков зависит не столько от их производительности, сколько от технологической оснастки, применяемой для обработки деталей на данном оборудовании.

Повышение производительности труда на сборочных и механообрабатывающих цехах машиностроительных заводов, в значительной мере, зависит от оснащенности их оборудованием и приспособлениями, инструментами и различного рода принадлежностями для обработки деталей. Кроме того, уровень технологической оснащенности определяет и уровень интенсивного использования оборудования. Постоянное насыщение технологических процессов различного рода оснасткой оказывает решающее влияние на снижение трудоемкости и себестоимости изделий [5].

Под технологической оснасткой принято понимать устройства и инструменты, обеспечивающие наиболее рациональный процесс обработки деталей и сборки изделий. Оснастка входит в общее понятие оснащенности, которое охватывает оборудование, транспортные и другие механизмы, используемые в производстве.

Всю технологическую оснастку можно разделить на несколько основных групп:

- приспособления для механической обработки, сварки и сборки изделий;
- оснастка для кузнечно-прессовой обработки и литейных работ;
- режущий, измерительный, контрольный, а также всевозможный вспомогательный инструмент (призмы, оправки, поводки, планки).

Причем металлорежущие станки и другое оборудование может быть оснащено как малопроизводительной, так и высокопроизводительной быстродействующей оснасткой. Чем выше уровень механизации приспособления, тем ниже будет вспомогательное время, а, следовательно, выше эффективность используемых станков. Так как вспомогательное время можно уменьшить не только путем использования в производственном процессе наиболее производительного оборудования, но и путем внедрения быстродействующих приспособлений, нового инструмента, то на производительности труда технологическая оснащенность оказывает большое влияние. Поэтому на машиностроительных заводах при изготовлении изделий применяются все виды оснастки.

Уровень применения оснастки при изготовлении изделий оценивают с помощью коэффициентов технологической оснащенности. Различают общий коэффициент технологической оснащенности, определяемый как отношение общего количества наименований приспособлений для механической обработки, оправок для крепления деталей, специального режущего, мерительного и вспомогательных инструментов к количеству наименований оригинальных деталей изделия, проходящих механическую обработку, и частные коэффициенты технологической оснащенности по приспособлениям, оправкам, специальному инструменту.

Общий коэффициент технологической оснащенности механической обработки (K_0) определяется:

$$K_0 = \frac{П}{Д},$$

где $П$ – общее количество наименований приспособлений, оправок, специально режущего, мерительного и вспомогательного инструмента, применяемых для изготовления деталей.

$Д$ – количество наименований оригинальных деталей, проходящих механическую обработку.

Применение универсально-наладиваемых (УНП) и групповых приспособлений, сущность которых заключается в использовании одного приспособления для установки и закрепления нескольких деталей или группы деталей, близких по конфигурации и размерам, позволяет типизировать технологический процесс.

Однако при расчете коэффициентов технологической оснащенности при использовании УНП и групповых приспособлений имеет место некоторое противоречие – прогрессивная оснастка снижает коэффициент оснащенности, так как на одно наименование оснастки приходится несколько наименований деталей. В связи с этим наряду с общим коэффициентом технологической оснащенности механической обработки для анализа оснащенности того или иного вида обработки или анализа применения того или иного вида оснастки возникает необходимость определять также частными коэффициентами технологической оснащенности ($K_{и}$), которые определяются по формуле.

$$K_{и} = \frac{И}{Д},$$

где $И$ – количество наименований отдельных видов инструмента или приспособлений, применяемых для изготовления или обработки деталей;

$Д$ – количество наименований оригинальных деталей, изготавливаемых или обрабатываемых при помощи этого инструмента или приспособлений.

Таким образом, частный коэффициент оснащенности может быть определен по режущему инструменту, мерительному, штампам, зажимным приспособлениям, сборочным работам.

Практический опыт промышленных предприятий говорит о том, что наибольшая степень оснащения технологических процессов в настоящее время достигнута при механической обработке деталей. Именно в этих условиях применение на станках быстродействующих механических, гидравлических и электрических приспособлений сокращает до минимума вспомогательное время, предотвращает утомляемость рабочего и повышает производительность труда.

Высокий уровень оснащения механической обработки деталей приспособлениями дает практическую возможность получить на таких операциях самый низкий уровень использования ручных работ.

Данные показывают, что из общего количества применяемой оснастки 80-97 процентов приходится на механическую обработку, поэтому здесь и наиболее низкий уровень ручных операций, колеблющийся в пределах от 6,6 до 15,8 процента. Однако уровень оснащенности механической обработки не везде одинаков.

Показатели технологического оснащения зависят от серийности изделий и характера производства.

В условиях массового изготовления продукции общий коэффициент технологической оснащенности достигает 40%, хотя на отдельных заводах он несколько ниже.

В условиях серийного производства показатели технической оснащенности ниже, чем в массовом, но выше, чем в индивидуальном и мелкосерийном. По многим изделиям коэффициент технологической оснащенности колеблется в пределах 5.

Необходимо обратить внимание и на тот факт, что в структуре штучного времени технологической операции время работ на установку, закрепление и снятие детали занимает до 65 процентов в структуре вспомогательного времени. Почти половина его тратится на зажим и отжатие заготовки в процессе ее обработки. В связи с этим в ряде случаев, возможности высокопроизводительно оборудования сдерживаются утомляемостью рабочего, вызванной большим количеством выполняемых монотонных операций. Поэтому с целью более эффективного использования станочного парка применяются пневматические, механические, гидравлические и другие зажимные приспособления.

Данные показывают, что в массовом и в серийном производстве уровень технической оснащенности почти одинаков, а в индивидуальном производстве – значительно ниже. Это еще раз подтверждает характерный закон изменения коэффициента оснащенности, повышение серийности неизбежно влечет за собой его увеличение. Коэффициент технологической оснащенности оказывает непосредственное влияние на величину трудоемкости обработки. Чем выше общий коэффициент технологической оснащенности, тем большее количество приспособлений, оправок и инструмента приходится на одну обрабатываемую деталь, тем меньше ручного труда необходимо затратить на установку детали, ее крепление, обработку, производство замеров, почти полностью удаляется избежать трудоемких работ, связанных с разметкой деталей. Применение приспособлений

позволяет значительно сократить подготовительно-заключительное время.

Если заготовка обрабатывается в приспособлении, то заданные размеры могут получаться автоматически, без дополнительных промеров. Поэтому эксплуатация приспособлений дает возможность уменьшить и штучное время, необходимое для обработки детали. В целом повышение технологической оснащенности производственных процессов влечет за собой снижение трудоемкости изготовления изделий.

Рост оснащенности технологических процессов обеспечивает снижение затрат живого труда в структуре себестоимости продукции, в то время как износ специального инструмента и приспособлений или растет, или остается в какой-то период постоянным в структуре общих затрат на изготовление продукции.

Однако удельный вес затрат по износу специального инструмента и приспособлений колеблется в общей себестоимости продукции в определенных пределах. Это обусловлено рядом причин, и прежде всего оснащением производственных процессов средствами механизации. Себестоимость продукции отражает в себе все изменения, происходящие в процессе производства продукции. Повышение общего коэффициента оснащенности изготавливаемых изделий обуславливает рост удельного веса затрат по инструменту и приспособлениям в единице продукции.

Следует отметить, что вариант инвестирования финансовых ресурсов (рис. 1) в разработку имеет три ключевых особенности, которые производитель должен учитывать для ее успешной разработки, внедрения и поддержания.

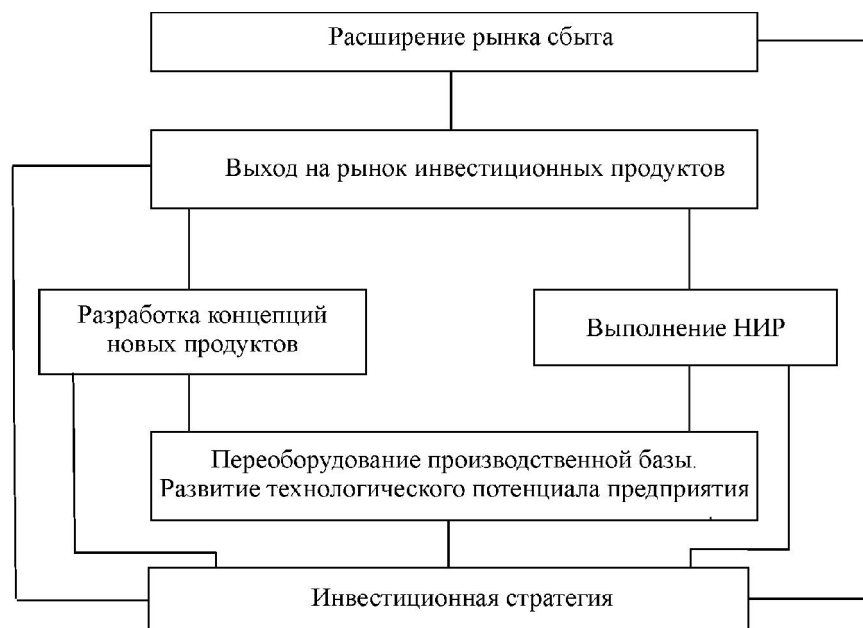


Рис. 1. Вариант инвестирования производства

Система является предупредительным инструментом контролирования опасных факторов, а не средством реагирования на их возникновение. Система не снижает риски, создаваемые опасными факторами, к нулю, а минимизирует их. Система – не автономная программа, а часть более общей системы метода контроля. Без надежного обоснования, которое составляется из программ-предпосылок, имеющих надлежащую практику производства и должны быть внедрены и поддерживаться надлежащим образом, система не сможет стать эффективным инструментом для производства безопасных продуктов. Самыми важными характеристиками любого проекта являются потоки расходов на его осуществление и доходов. Основными показателями для оценки эффективности проектов являются: – соотношение выгоды/расходы ($B/C - benefit/cost$); – чистая текущая стоимость ($NPV - net present value$); – внутренняя норма прибыли ($IRR - internal rate of return$); – срок окупаемости инвестиций ($O_{\text{пик}}$).

Соотношение выгоды/расходы есть отношения приведенных (дисконтированных) выгод к приведенным расходам. Существует несколько вариантов этого соотношения. Наиболее часто применяется простое отношение всех приведенных выгод ко всем приведенным расходам без учета знака этих величин.

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n B_t \cdot \frac{1}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n C_t \cdot \frac{1}{(1+r)^t}} > 1.$$

Если численное значение полученного отношения больше единицы, то это указывает на полезность проекта. Проекты с более высоким отношением B/C более выгодные, чем проекты с малым отношением. Чистая приведенная текущая стоимость – интегральный эффект (NPV) равняется разности между текущей стоимостью потока будущих доходов (B_t) и текущей стоимостью будущих расходов на осуществление,

эксплуатацию и техническое обслуживание проекта (C_t) на всем протяжении срока его использования ($t = n_{\text{лет}}$).

$$NPV = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \geq 0.$$

Внутренняя норма прибыли (IRR) по проекту равняется ставке процента банка за кредит (r), при которой суммарные доходы равняются суммарным расходам на осуществление проекта, то есть $NPV = 0$.

Выводы.

Все изложенное выше позволяет сделать следующие выводы:

Процесс повышения эффективности использования основных производственных средств предприятия, особенно их активной части в значительной степени зависит от уровня технологического оснащения процесса механической обработки.

При этом решается комплекс производственных и социально-экономических задач. Однако необходимо учитывать, что повышение уровня технологической оснащенности процессов механической обработки не всегда экономически может быть оправдано.

В связи с этим использование прогрессивного технологического оснащения требует соответствующего экономического обоснования с учетом специфики конкретного производственного процесса и условий обработки.

В результате продолжения комплексных инновационных проектов НТУ «ХПИ» совместно с преподавателями разных специализаций в научно-исследовательских работах студентов [7–19] с учетом вышеуказанных направлений, в развитии производства достигнуты результаты по освоению новых учебных технологий организации, исполнения и внедрения комплексного межвузовского инновационного проектирования для обеспечения активизации технического творчества студентов.

Список литературы

1. Бабиб Л. В. П. Технологическая оснащенность и экономика производства / Л. В. П. Бабиб, Л. М. Нахимович. – Х.: Прапор, 1979. – 98 с.
2. Стабровский В. А. Организация и экономика технической подготовки производства новых изделий / В. А. Стабровский. – М.: «Экономика», 1979. – 155 с.
3. Басовский Л. Г. Экономический анализ / Л. Г. Басовский, А. М. Лунев. – М.: Инфра-М, 2004. – 328 с.
4. Финансовый менеджмент : теория и практика / Под. ред. Е. С. Столновой. – М.6 «Перспектива», 2004. – 375 с.
5. Пушкарь А. И. Основы научных исследований и организация научно-исследовательской деятельности / А. И. Пушкарь, Л. В. Потрашкова. – Харьков: Изд. Дом «ИНЖЭК», 2008. – 278 с.
6. Смоловик Р. Ф. Методологические основы активизации познавательной деятельности: теория, практика, психологический тренинг: монография / Р. Ф. Смоловик. - Х. : Смуфта типографія, 2015. – 311 с.
7. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І. Діяльність вищого навчального закладу по підвищенню якості підготовки фахівців. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 3–12.

8. Бухкало С.И. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов / С.И. Бухкало, С.Е. Гардер, О.Ю. Химич и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 7–78.
9. Бухкало С.И., Сериков А.В., Ольховская О.И. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А. В. Сериков, О.И. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160–166.
10. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І. Можливості упровадження системи компетенцій у сучасних навчальних закладах // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 3–12.
11. Бухкало С.И., Зипунников Н.Н., Бындыч О.А. Возможности водородной энергетики в инновационных комплексных предприятиях // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 46–53.
12. Бухкало С.И., Гардер С.Е., Ольховская О.И. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 72–80.
13. Бухкало С.И. Анализ эколого-правовой базы комплексной утилизации отходов полимеров / С.И. Бухкало, Н.Н. Зипунников, О.И. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 140–145.
14. Бухкало С.И. Комплексні інноваційні проекти як фактори забезпечення технічної творчості студентів. XII міжнародна школа-семинар «Сучасні педагогічні технології в освіті». НТУ «ХП», – Х, 12–14 лютого 2014.
15. Бухкало С.И. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2014. – № 16. – с. 3–11.
16. Бухкало С.И., Смоловик Р.Ф., Ольховская О.И., Заднепровская Д.Ю. и др. Анализ возможностей экономической оценки комплексной утилизации отходов полимеров. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 133–139.
17. Бухкало С.И., Смоловик Р.Ф., Ольховская О.И., Заднепровская Д.Ю. и др. Основные методы определения эффективности инвестиций в комплексные проекты. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2013. – № 9. – с. 174–186.
18. Смоловик Р.Ф. Галузеві особливості управління процесами відтворення основних засобів машинобудівних підприємств. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2016. – № 19(1191). – с. 106–110.
19. Смоловик Р.Ф. Основні напрямки підвищення ефективності використання основних засобів підприємства в сучасних умовах. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2016. – № 19(1191). – с. 111–114.
4. Finansovyy menedzhment : teoriya i praktika/ Pod. red. E. S. Stolznoj. – М.: «Perspektiva», 2004. – 375 s.
5. Pushkar' A. I. Osnovy nauchnyh issledovanij i organizacija nauchno-issledovatel'skoj dejatel'nosti / A. I. Pushkar', L. V. Potrashkova. – Har'kov: Izd. Dom «INZhEK», 2008. – 278 s.
6. Smolovik R. F. Metodologicheskie osnovy aktivizacii poznavatel'noj dejatel'nosti: teoriya, praktika, psihologicheskij trening: monografija / R. F. Smolovik. - H. : Smugasta tipografija, 2015. – 311 s.
7. Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I. Dija'nist' vishhogo navchal'nogo zakladu po pidvishennju jakosti pidgotovki fahivciv Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2012. – No. 10. – P. 3–12.
8. Bukhhalo S.I. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predpriyatij po pererabotke othodov / S.I. Bukhhalo, S.E. Garder, O.Ju. Himich i dr. // Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2012. – No. 10. – P. 73–78.
9. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak komplekse innovacionnyh proektov. Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2012. – No. 10. – P. 160–166.
10. Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I. Mozhlivosti uprovadzhennja sistemi kompetencij u suchasnihi navchal'nihi zakladah // Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2011. – No. 21. – P. 3–12.
11. Bukhhalo S.I., Zipunnikov N.N., Byndych O.A. Vozmozhnosti vodorodnoj jenergetiki v innovacionnyh kompleksnyh predpriyatjah // Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2011. – No. 21. – P. 46–53.
12. 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. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2012. – No. 10. – P. 72–80.
13. Bukhhalo S.I. Analiz jekologo-pravovoj bazy kompleksnoj utilizacii othodov polimerov / S.I. Bukhhalo, N.N. Zipunnikov, O.I. Ol'hovskaja i dr. // Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2011. – No. 21. – P. 140–145.
14. Bukhhalo S.I. Kompleksni innovacijni proekti jak faktori zabezpečennja tehničnoi tvorčosti studentiv. XII mizhnarodna shkola-seminar «Suchasni pedagogichni tehnologii v osviti». NTU «Khpi», – Khr., 12–14 ljutogo 2014.
15. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishhihi navchal'nihi zakladiv. Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2014. – No. 16. – P. 3–11.
16. Buhkalo S.I., Smolovik R.F., Ol'hovskaja O.I., Zadneprovskaja D.Ju. i dr. Analiz vozmozhnostej jekonomicheskoi ocenki kompleksnoj utilizacii othodov polimerov. Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2011. – № 21. – p. 133–139.
17. Buhkalo S.I., Smolovik R.F., Ol'hovskaja O.I., Zadneprovskaja D.Ju. i dr. Osnovnye metody opredelenija jeffektivnosti investicij v kompleksnye proekty. Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2013. – № 9. – p. 174–186.
18. Smolovik R.F. Galuzevi osoblivosti upravlinnja procesami vidtvorennja osnovnih zasobiv mashinobudivnih pidpriemstv. Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2016. – № 19(1191). – s. 106–110.
19. Smolovik R.F. Osnovni naprjamki pidvishennja jeffektivnosti vikoristannja osnovnih zasobiv pidpriemstva v suchasnihi umovah. Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2016. – № 19(1191). – s. 111–114.

References (transliteration)

1. Babib L. V. P. Tehnologicheskaja osnashhennost' i jekonomika proizvodstva / L. V. P. Babib, L. M. Nahimovich. – H.: Prapor, 1979. – 98 s.
2. Stabrovskij V. A. Organizacija i jekonomika tehničkoj podgotovki proizvodstva novyh izdelij / V. A. Stabrovskij. – М.: «Jekonomika», 1979. – 155 s.
3. Basovskij L. G. Jekonomicheskij analiz / L. G. Basovskij, A. M. Lunev. – М.: Infra-M, 2004. – 328 s.

Поступила (received) 23.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Аналіз взаємозв'язку й впливу рівня використання основних коштів підприємства на ефективність його виробничої діяльності / Р. Ф. Смоловик, Н. Б. Токар, О. М. Бондаренко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 91 –98. Бібліогр.: 19 назв. – ISSN 2220-4784.

Анализ взаимосвязи и влияния уровня использования основных средств предприятия на эффективность его производственной деятельности / Р. Ф. Смоловик, Н. Б. Токар, А. Н. Бондаренко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 18 (1240). – С. 91 –98. Бібліогр.: 19 назв. – ISSN 2220-4784.

Analysis of intercommunication and influence of level of the use of the fixed assets of enterprise on efficiency of his productive activity / R. F. Smolovik, N. B. Tokar, A. N. Bondarenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2017. – № 18 (1240). – p. 91 – 98. Bibliog.: 19 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Смоловик Раїса Федорівна – кандидат економічних наук, професор кафедри економічного аналізу та обліку, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: (057) 707-62-74; e-mail: ekon.analiz@gmail.com

Smolovik Raisa Fedorovna – Phd, Candidate of Economic Sciences, Professor, Department of Economic Analysis and Accounting National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : (057) 707-62-74; e-mail: ekon.analiz@gmail.com

Смоловик Раиса Федоровна – кандидат экономических наук, профессор кафедры экономического анализа и учета, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: (057) 707-62-74; e-mail: ekon.analiz@gmail.com

Токар Наталія Борисівна – асистент кафедри економічного аналізу та обліку, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: (057) 707-62-74; e-mail: ratoncitagresiva@gmail.com

Tokar Nataliya Borisovna – assistant, Department of Economic Analysis and Accounting National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : (057) 707-62-74; e-mail: ratoncitagresiva@gmail.com

Токар Наталья Борисовна – ассистент кафедры экономического анализа и учета, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: (057) 707-62-74; e-mail: ratoncitagresiva@gmail.com

Бондаренко Олексій Миколаєвич – асистент кафедри економічного аналізу та обліку, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: (057) 707-62-74; e-mail: ekon.analiz@gmail.com

Bondarenko Aleksey Nikolaevich – assistant, Department of Economic Analysis and Accounting National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : (057) 707-62-74; e-mail: ekon.analiz@gmail.com

Бондаренко Алексей Николаевич – ассистент экономического анализа и учета, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: (057) 707-62-74; e-mail: ekon.analiz@gmail.com

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

1. Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, П. О. КАПУСТЕНКО, В. Є. ВЕДЬ, С. І. БУХКАЛО. НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКОЇ АСОЦІАЦІЇ ХІМІЧНОЇ І ХАРЧОВОЇ ІНЖЕНЕРІЇ.....	3
2. С. І. БУХКАЛО, О. І. ОЛЬХОВСЬКА, С. П. ІГЛІН, В. М. СОЛОВЕЙ. КОМПЛЕКСНІ МЕТОДИ НАВЧАННЯ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ ФАХОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ВНЗ В НТУ «ХПІ».....	9
3. О. В. КУСТУРОВА, О. А. ЖУГАН, А. В. ПЕЧЕНІЖСЬКА, О. А. ПОДОЛЬЯН, Д. В. МОЦАРЬ. ДОСЛІДЖЕННЯ ХРОМВМІСНИХ РЕАГЕНТІВ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИНАХ.....	20
4. S. I. BUKHKAŁO, O. V. BIŁOVS, I. M. DEMIDOV. SOME OPPORTUNITIES OF DEVELOPMENTS OIL STABILIZATION TECHNOLOGY AGAINST OXIDATIVE SPOILAGE	24

МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

5. A. E. DENYSOVA, A. S. MAZURENKO, A. S. DENYSOVA. HEAT PUMP AT SUBSOIL WATER FOR HEAT AND POTABLE WATER SUPPLY.....	29
6. С. І. БУХКАЛО. ДЕЯКІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ХІМІЧНОГО СПІНЮВАННЯ ВТОРИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ.....	35
7. Т. Г. БАБАК, О. А. ГОЛУБКИНА, Д. С. КОРОЛЬ, Е. Д. ПОНОМАРЕНКО. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТАНЦИИ УПАРИВАНИЯ САХАРНОГО СИРОПА.....	46
8. А. В. САВЧЕНКО. ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ДИЗЕЛІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МОДЕЛІ ЕКО-ЕФЕКТИВНОГО ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА.....	53

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

9. О. В. САВВОВА, О. І. ФЕСЕНКО. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СКЛАДІ СКЛОКОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ НА ПАТОГЕННІ МІКРООРГАНІЗМИ.....	57
10. О. В. САВВОВА, Е. В. БАБИЧ, А. И. ФЕСЕНКО, И. В. ЗИНЧЕНКО. ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА АКТИВНЫЙ ИЛ КОМПЛЕКСА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ «БЕЗЛЮДОВСКИЙ» Г. ХАРЬКОВ	62
11. Г. О. САБАДОШ. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН КАРАГІНАНІВ ПРИ ГЕЛЕУТВОРЕННІ МЕТОДОМ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ	67
12. А. П. МЕЛЬНИК, Н. Н. НЕМЕЦ, М. О. ПОДУСТОВ. ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОВЕРНЕННЯ СУПУТНЬО-ПЛАСТОВИХ ВОД НАФТОГАЗОКОНДЕНСАТНИХ РОДОВИЩ	73
13. І. В. ЛЕВЧУК, І. М. ДЕМИДОВ, В. К. ТИМЧЕНКО, Т. В. АРУТЮНЯН. ОСОБЛИВОСТІ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ВІТЧИЗНЯНОГО БОРСУКОВОГО ЖИРУ.....	80

ІННОВАЦІЙНІ ЗАХОДИ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ У НАВЧАННІ

14. А. О. АГЕЙЧЕВА, О. І. КОМАРОВА. ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПЕРЕКЛАДУ АНГЛІЙСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТЕРМІНОЛОГІЇ	85
15. Р. Ф. СМОЛОВИК, Н. Б. ТОКАРЬ, А. Н. БОНДАРЕНКО. АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ И ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	91
ЗМІСТ	99

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХПІ»**

Збірник наукових праць

Серія:
Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів

№ 18 (1240) 2017

Наукові редактори д-р техн. наук, проф. Л.М. Ульянов,
канд. техн. наук, проф. С.І. Бухкало
Технічний редактор ст. викл. О.І. Ольховська

Відповідальний за випуск канд. техн. наук І. Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів.
Тел.: (057) 707-63-04; e-mail: bis.khr@gmail.com

Підп. до друку 13.07.16 р. Формат 60×90 1/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. . Облік.-вид. арк.
Тираж 300 пр. 1-й з-д 1-100. Зам. № Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.
61002, Харків, вил Фрунзе, 21

Видавництво «Смугаста типографія»
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
серія ДК №4863 від 12.03.2015 р.
61019, Харків, вул. Чернишевська, 28-а, тел. (057) 754-49-42