

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"

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

№ 40 (1316) 2018

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

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

No. 40 (1316) 2018

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

Харків
НТУ «ХПІ», 2018

Kharkiv
NTU "KhPI", 2018

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Innovation researches in students' scientific work: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». — Харків : НТУ «ХПІ», 2018. — № 40 (1316) 2018. — 96 с. — ISSN 2220-4784.

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

The main purpose is the publication of scientific works of students, lecturers and employees of higher educational establishments, which promotes the development of technologies of innovative teaching and scientific and technical creativity of students; contributes to the continuous development of the audience as a base of fundamental and professional knowledge, as well as organizational skills, in the process of innovative design and development of industrial technological objects of various levels of complexity. It's a unique opportunity for companies, organizations and researchers to contribute to the advancement and development of up-to-date and progress scientific and technical issues related of Chemical Engineering.

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». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого Наказом МОН України № 1328 від 21.12.2015 р. «Про затвердження рішень Атестаційної колегії Міністерства щодо діяльності спеціалізованих вчених рад від 15 грудня 2015 року».

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів включений до зовнішніх інформаційних систем, індексується Google Scholar; зареєстрований у світовому каталозі періодичних видань бази даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

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

Засновник
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Founder
National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"

Головний редактор

Сокол Є. І., д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України, НТУ «ХПІ», Україна

Заст. головного редактора

Марченко А. П., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна

Секретар

Горбунов К. О., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Редакційна колегія серії

Відповідальний редактор:

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

Відповідальний секретар:

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

Члени редколегії:

Гладкий Ф. Ф., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Куценко О. С., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Єфимов О. В., проф., НТУ «ХПІ», Україна

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

Самородов В. Б., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Ткачук М. А., проф., НТУ «ХПІ», Україна

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

Й. Клемеш, проф., університет Паннонії, Венгрія

П. Варбанов, РНД, с.н.с., технологічний

університет, Брно, Чеська республіка

П. Стехлик, РНД, проф., технологічний

університет, Брно, Чеська республіка

А. Месарош, РНД, проф., технологічний

університет, Братислава, Словачька республіка

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 8 від 02 листопада 2018 р.

Editor-in-chief

Sokol E. I., dr. tech. sc., member-cor. of National Academy of Sciences of Ukraine, NTU "KhPI", Ukraine

Deputy editor-in-chief

Marchenko A. P., dr. tech. sc., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Secretary

Gorbunov K. O., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Editorial staff

Associate editor:

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

Executive secretary:

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

Editorial staff members:

Gladky F. F., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Kutsenko O. S., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Efimov A. V., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Arsenyeva O. P., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Samorodov V. B., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Tkachuk M. A., prof., NTU "KhPI", Ukraine

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

Jiří Jaromír Klemes, Professor at the University of Pannonia,

Veszprém, Hungary and the Institute of Science and Technology

Manchester, UK

Petar Sabev Varbanov, Senior Researcher, Sustainable Process

Integration Laboratory, Brno University of Technology, Czech

Republic

Petr Stehlik, Professor of Process Engineering, Brno University of

Technology, Brno, Czech Republic.

A. Mészáros, Professor of Chemical/Control Engineering, Slovak

University of Technology, Bratislava, Slovak Republic.

А. А. ВАСИЛЕНКО, Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, С. К. КУСАКОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНДЕНСАЦИИ ПАРА ИЗ СМЕСИ С ВОЗДУХОМ В КАНАЛАХ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

В статье рассмотрена постановка эксперимента по изучению процесса конденсации пара из смеси с воздухом в каналах пластинчатого теплообменника. Была описана и построена экспериментальная установка для исследований теплообменных процессов в каналах пластинчатого теплообменника. В результате работ было изготовлено пять экспериментальных образцов, сваренных с помощью аргонодуговой сварки пакетов гофрированных пластин. Были приведены все геометрические характеристики сварных пакетов. Описаны все использованные в ходе экспериментов измерительные приборы и снятые с их помощью параметры. Установлено, что экспериментальная установка позволяет проводить исследование процесса конденсации водяного пара из смеси с воздухом при стабильных заданных значениях основных режимных параметров. Приведена методика определения основных характеристик (средних и локальных) процесса конденсации пара из парогазовой смеси в исследуемых каналах. В дальнейшем полученные экспериментальные результаты будут использованы для проверки адекватности математических моделей процесса конденсации пара из парогазовой смеси в каналах пластинчатых теплообменников с различной формой гофрировки теплопередающих пластин, а также для накопления статистических данных исследований в данной тематике. Предполагается, что данные исследования позволят внедрять пластинчатые конденсаторы для химической промышленности и других различных отраслей народного хозяйства.

Ключевые слова: интегрированные технологии, экспериментальная установка, теплообменные аппараты, пакет гофрированных пластин, энергосбережение, пластинчатые конденсаторы, конденсация газа, пар.

О. А. ВАСИЛЕНКО, Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, С. К. КУСАКОВ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ ІЗ СУМІШІ З ПОВІТРЯМ В КАНАЛАХ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛОБІМНІКА

У статті розглянута постановка експерименту з вивчення процесу конденсації пари з суміші з повітрям в каналі пластинчатого теплообмінника. Була описана і побудована експериментальна установка для досліджень теплообмінних процесів в каналах пластинчатого теплообмінника. В результаті робіт було виготовлено п'ять експериментальних зразків, зварених з допомогою аргонодугового зварювання пакетів гофрованих пластин. Були наведені всі геометричні характеристики зварних пакетів. Описано всі використані в ході експериментів вимірювальні прилади і зняті з їх допомогою параметри. Встановлено, що експериментальна установка дозволяє проводити дослідження процесу конденсації водяної пари для суміші з повітрям при стабільних заданих значеннях основних режимних параметрів. Наведено методику визначення основних характеристик (середніх і локальних) процесу конденсації пари з парогазової суміші в досліджуваних каналах. У подальшому отримані експериментальні результати будуть використані для перевірки адекватності математичних моделей процесу конденсації пари з парогазової суміші в каналах пластинчастих теплообмінників з різною формою гофрування теплопередаючих пластин, а також для накопичення статистичних даних досліджень в даній тематиці. Передбачається, що дані дослідження дозволять впроваджувати пластинчасті конденсатори для хімічної промисловості та інших різних галузей народного господарства.

Ключові слова: інтегровані технології, експериментальна установка, теплообмінні апарати, пакет гофрованих пластин, енергосбереження, пластинчасті конденсатори, конденсація газу, пар.

A. A. VASILENKO, L. L. TOVAZHNYANSKY, S. K. KUSAKOV

EXPERIMENTAL SET-UP FOR THE STUDY OF THE CONDENSATION PROCESS OF STEAM FROM A MIXTURE WITH AIR IN THE CHANNELS OF PLATE HEAT EXCHANGER

The article describes the formulation of an experiment to study the process of condensation of steam from a mixture with air in the canals of a plate heat exchanger. An experimental facility for the study of heat exchange processes in the channels of a plate heat exchanger was described and constructed. As a result of the work, five experimental samples were fabricated, welded using argon arc welding of corrugated plate packages. Were given all the geometric characteristics of welded packages. All measuring instruments used in the course of experiments and parameters taken with them are described. It was established that the experimental setup allows to study the process of condensation of water vapor from a mixture with air at stable preset values of the main operating parameters. A method for determining the main characteristics (medium and local) of the process of steam condensation from a vapor-gas mixture in the channels under study is presented. In the future, the experimental results obtained will be used to check the adequacy of mathematical models of the process of steam condensation from a vapor-gas mixture in the channels of plate heat exchangers with various forms of corrugation of heat transfer plates, as well as for accumulating statistical data of research in this topic. It is assumed that these studies will introduce plate capacitors for the chemical industry and other various sectors of the economy.

Keywords: integrated technology, experimental installation, heat exchangers, corrugated plate package, energy saving, plate condensers, gas condensation, steam.

Введение. Как показывает выполненный Международным Энергетическим Агентством [1] анализ, промышленные предприятия в 2005 году потребляли около одной трети общего количества энергии, выработанной в мире. При этом от 10 до 50 % этой энергии теряется с выбросами в окружающую среду. Около 60% этих потерь происходит в виде тепла низкого потенциала полезная утилизация которого может существенно повысить эффективность энергопотребления [2]. Существенная часть этих потерь происходит с

потоками отходящих газов после сжигания топлива, сушки различных материалов и других технологических процессов [3]. Существенная часть тепла отходящих газов содержится в виде скрытой теплоты парообразования конденсируемых компонентов [4] и для утилизации этой теплоты требуется эффективное теплообменное оборудование отличающееся высокими коэффициентами теплопередачи, компактностью, малой металлоемкостью при сохранении экономической

© Василенко А.А., Товажнянский Л.Л., Кусаков С.К., 2018

целесообразности его применения. Этим требованиям удовлетворяют пластинчатые теплообменные аппараты [5].

По сравнению с процессами теплообмена в однофазном потоке и при конденсации чистого пара конденсация пара из парогазовой смеси характеризуется более высокой сложностью совместно протекающих процессов переноса тепла и массы в газовой фазе. Изучению этих процессов в трубчатых теплообменниках посвящено большое количество работ, обзор которых приведен в обзоре состояния вопроса [6]. В ряде работ, обзор которых сделан в статье [7], выполнено численное моделирование процесса в трубчатых теплообменниках. Пластинчатые теплообменники хорошо зарекомендовали себя в различных технологических процессах химической промышленности, как, например, показано в работе [8]. В работе [9] предложен метод моделирования пластинчатых конденсаторов многокомпонентных смесей паров, а в работе [10] даны теоретические основы моделирования процесса в пластинчатом теплообменнике агрегата синтеза аммиака. Конденсация чистого пара в каналах ПТА рассмотрена в работах [11–13]. Теоретические положения и изложенные в этих работах модели требуют дальнейшего уточнения для случаев конденсации пара из парогазовой смеси в каналах пластинчатых теплообменников, с учетом возможности изменения их геометрической формы в целях ее оптимизации. Уточненные модели и формулы требуют проверки их адекватности путем сравнения с результатами экспериментальных и опытно-промышленных исследований.

В данной статье рассмотрена постановка эксперимента по изучению процесса конденсации пара из парогазовой смеси в каналах пластинчатых конденсаторов. Это потребовало создания опытной установки и экспериментальных моделей каналов сетчато-поточного типа различной геометрической формы. С целью получения достаточно полной информации о процессе определялись как средние, так и локальные по длине канала его характеристики. Приведена методика определения основных характеристик (средних и локальных) процесса конденсации пара из парогазовой смеси в исследуемых каналах. Конкретный вид критериальной обработки опытных данных излагается при обсуждении результатов исследований. Обработка результатов экспериментов на основании излагаемой методики произведена по разработанным автором программам на ПК. Программы составлены в среде Маткад (Mathcad).

Описание экспериментальной установки. Для экспериментальных исследований процесса конденсации водяного пара из смеси с воздухом в каналах пластинчатых теплообменников разработана установка, позволяющая исследовать процесс в

каналах из пластин с различной формой гофрировки. Ее схема приведена на рисунке 1. При работе установки водяной пар генерируется в испарителе 1 и перед подачей в пароперегреватель 2 смешивается с воздухом, подогретым до температуры насыщения получаемой парогазовой смеси. Подогрев воздуха осуществляется в пластинчатом подогревателе 15 за счет тепла пара из котельной, предусмотрена также непосредственная подача острого пара из котельной в воздушный поток, при этом сконденсированная влага отделяется в сепараторе 16. Расход поступающего воздуха измеряется с помощью двух параллельно включенных ротаметров, рассчитанных на различные диапазоны расходов воздуха. Полученная после смешения пара с воздухом смесь нагревалась в пароперегревателе 2 до температуры на 0,5–1 °С выше температуры ее насыщения (в пароперегревателе так же достигается более полное перемешивание паровоздушной смеси). После пароперегревателя смесь поступает в центральный канал испытываемого опытного образца 3, в котором происходит конденсация паровой ее части. Расход образовавшегося в экспериментальном образце конденсата измеряется объемным способом с помощью мерника 5. Далее несконденсированная в экспериментальном образце часть паровоздушной смеси поступает во вспомогательный конденсатор 4. Здесь осуществляется более полная конденсация пара содержащегося в прошедшей через экспериментальный образец паровоздушной смеси, а расход образующегося при этом конденсата определяется с помощью мерника 6. Количество пара содержащегося в уходящем из мерника 6 воздухе рассчитывается по температуре на его выходе и расходу воздуха, в предположении его насыщенности паром.

Охлаждающая вода циркулирует в замкнутом контуре, включающем емкость 10, из которой циркуляционным насосом 11 вода подается в два периферийных канала экспериментального образца и затем в теплообменнике 9 охлаждается до температуры в емкости 10, в которую она возвращается. Это позволяет сохранять постоянную температуру охлаждающей воды в ходе эксперимента. Расход воды измеряется с помощью комплекта сдвоенных диафрагм с дифманометром 12.

Все основные компоненты установки снабжены теплоизоляцией предотвращающей потери тепла в атмосферу. Контрольное измерение температур на входе и выходе из каналов, конденсата в мерниках и поступающего воздуха производится лабораторными термометрами с ценой деления 0,1 °С. Температуры на входе и выходе потоков также измеряются с помощью термопар медь-константан. Термопары медь-константан применяются также для измерения распределения температуры охлаждающей воды и паровоздушного потока по длине каналов. Температура перегрева пара в пароперегревателе

регулюється з допомогою контактної термометра. Вимірювання тиску паровоздушної суміші на вході та виході, а також по довжині каналу дослідного зразка, тиску повітря у ротаметрів проводиться зразковими манометрами класу точності 0,4. При величині перепаду тиску по конденсуючому теплоносієлю на всьому каналі або на окремих ділянках по довжині каналу менше 0,2 бар він вимірюється з допомогою U-образних трубок, частково заповнених водним конденсатом. Об'ємна частка повітря в поступаючій паровоздушній суміші розраховується по заміреним витратам повітря та пари, а також вимірюється з допомогою аналізу проб

паровоздушної суміші методом виморозивання.

Експериментальна установка дозволяє проводити дослідження процесу конденсації водяного пари з сумішшю з повітрям при стабільних заданих значеннях основних режимних параметрів в діапазоні їх зміни: температура охолоджуючої води 20–95 °С; абсолютний тиск паровоздушної суміші 0,101–0,42 МПа; швидкість охолоджуючої води в каналах 0,11–1,1 м/с; масова швидкість паровоздушної суміші 4–85 кг/(м²·с); об'ємна частка повітря в отриманій паровоздушній суміші 0–0,85.

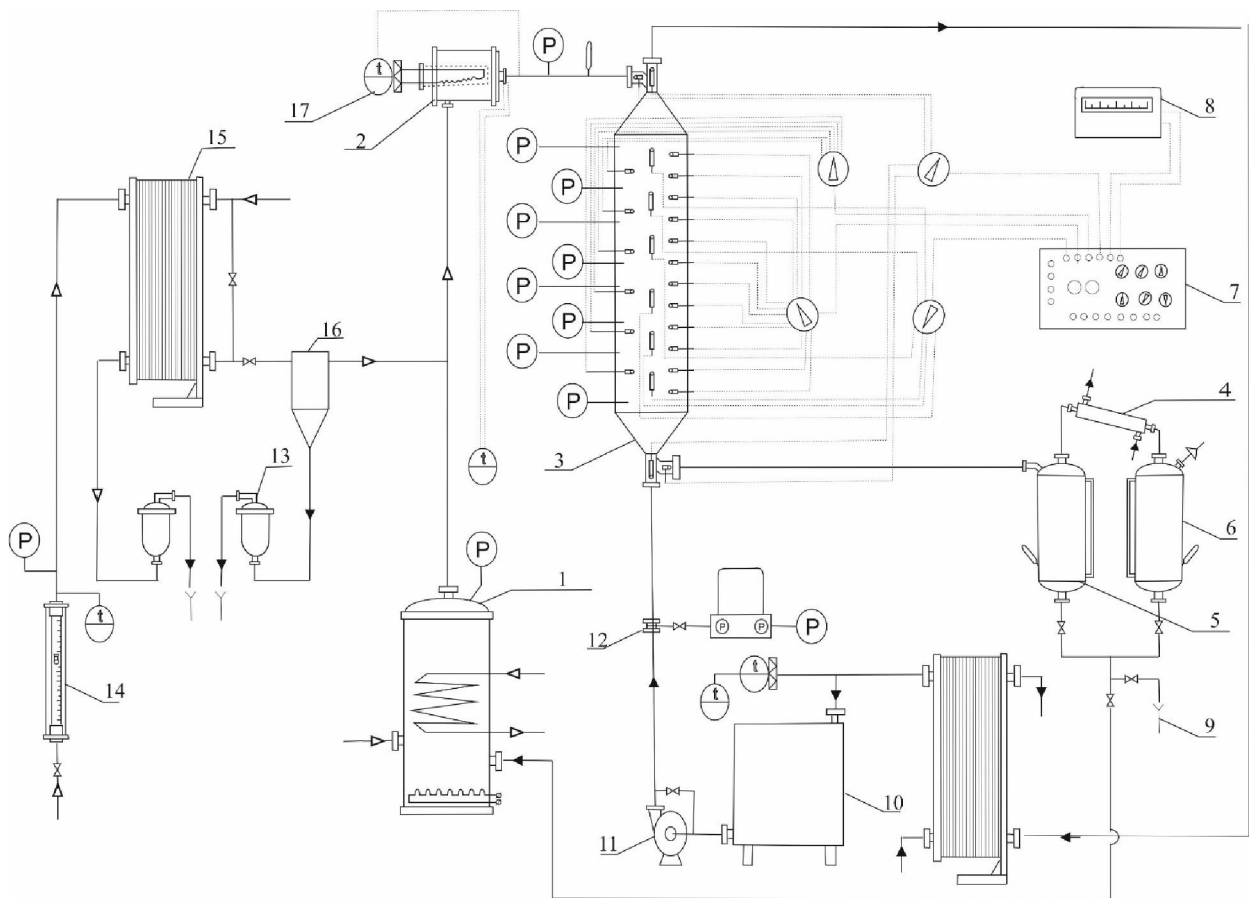


Рис. 1 – Схема експериментальної установки: 1 – іспаратор; 2 – пароперегрівач; 3 – дослідний зразок; 4 – допоміжний конденсатор; 5, 6 – мерники; 7 – потенціометр Р 37-1; 8 – нульгальванометр; 9 – пластинчастий холодильник; 10 – бак охолоджуючої води; 11 – насос; 12 – комплект двох діафрагм з дифманометром; 13 – конденсаторний горшок; 14 – ротаметр; 15 – пластинчастий підогрівач; 16 – сепаратор; 17 – терморегулятор.

Описание экспериментальных образцов.

Изготовлено пять экспериментальных образцов, которые представляют собой сварные пакеты из четырех гофрированных пластин (рис. 2), соединенных между собой аргонодуговой сваркой таким образом, что направления гофр двух соседних пластин пересекаются. В результате между пластинами имеются три одинаковых канала сетчатопоточного типа. При проведении экспериментов в центральном канале происходит конденсация

паровоздушной смеси. При этом в два периферийных канала противоток подается охлаждающая вода. Эскиз гофрированного поля пластины и схема канала приведены на рис. 3. В экспериментальных образцах применены пластины с треугольными гофрами, сечение которых показано на рис. 3 (4). Пластины и все элементы экспериментальных образцов изготовлены из нержавеющей стали Х18Н10Т. Экспериментальные образцы имеют специальные коллекторы для подачи паровоздушной смеси и

охлаждающей воды, которые обеспечивают равномерное распределение потоков гидравлических сопротивлений на входе и выходе каналов. Весь канал условно разбит по длине на семь участков, обозначенных на рис. 4 пунктирными линиями. В каждом из обозначенных на рис. 4 сечений экспериментального образца, на центральной оси

соответствующего канала, установлены термопары для замера температур потока теплоносителей. Термопары в центральном канале помещались на держателях из стальной нержавеющей проволоки диаметром 0,5 мм, конструкция которых показана на рисунке 5б.

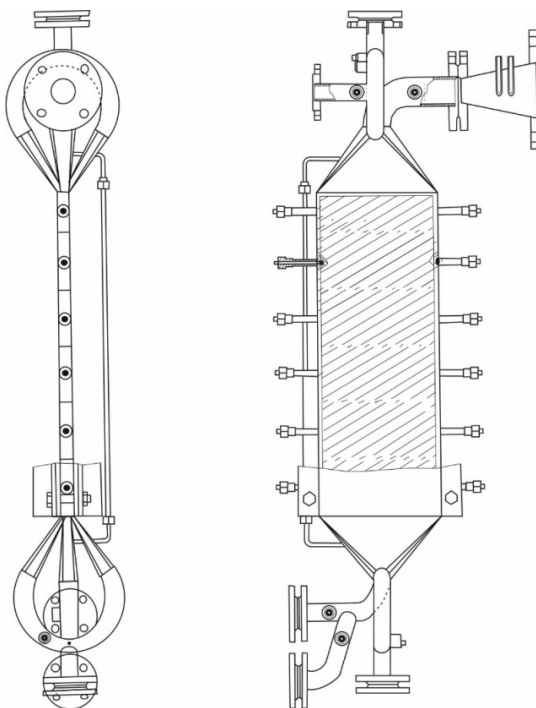


Рис. 2 – Экспериментальный образец

Горячий спай термопары укреплен в центре держателя, с помощью которого он фиксировался в нужной точке посреди канала. Провода термопары приклеены к отводящей проволоке держателя клеем

БФ-2, который затем был подвергнут полимеризации. Снаружи одета трубка из фторопласта Ф-4 диаметром 2 мм. Вывод проводов термопары осуществлен через уплотнение в торце канала.

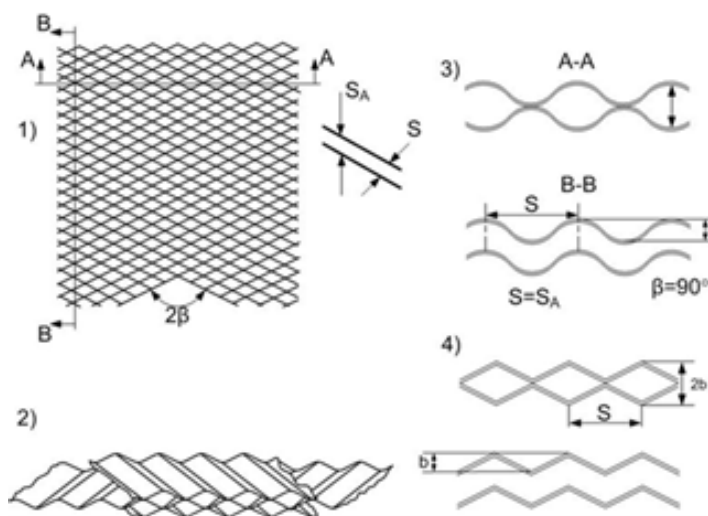


Рис. 3 – Схема гофрированного поля пластин и образуемых ими каналов: 1, 2 – пересечение гофр двух смежных пластин; 3, 4 – поперечное сечение каналов с различной формой гофрировки

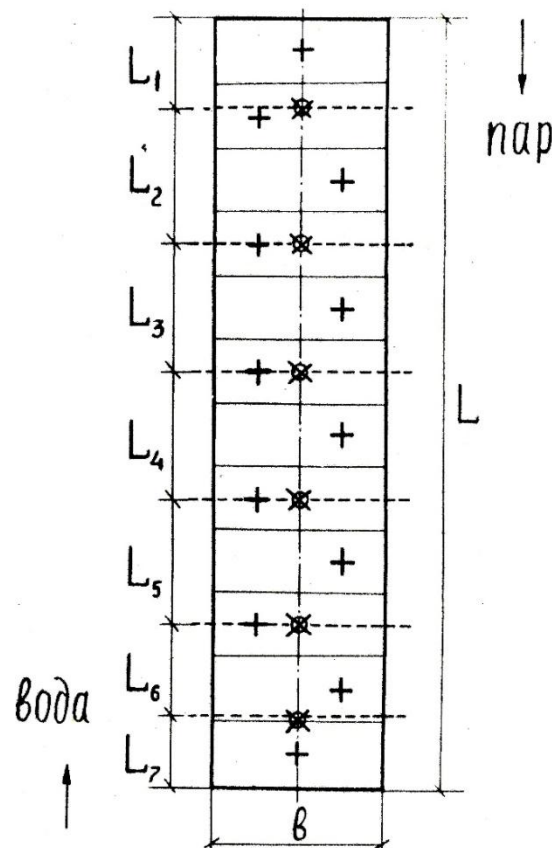


Рис. 4 – Схема расположения термопар в каналах опытного образца: х - термопары в центральном канале (температура смеси); о - термопары в одном из крайних каналов (температура охлаждающей воды)

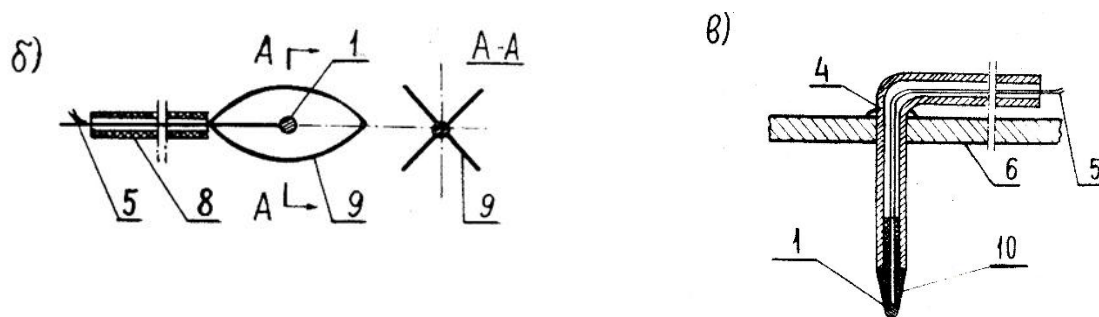


Рис. 5 – Способ установки термопар: б) в центральном канале; в) в одном из крайних каналов. 1 – слай; 4 – медная трубка; 5 – провода термопары; 6 – пластина; 8 – фторопластовая трубка; 9 – нержавеющая проволока; 10 – пластмасса

Схема установки термопар в одном из крайних каналов пакета пластин показана на рис. 5в. Провода термопары помещены в медный капилляр диаметром 2 мм, уплотненный эпоксидной смолой. Горячий слай выступает на 3–3.5 мм.

Капилляр вводится в заданную точку внутри канала через отверстие посередине наклонной части гофры одной из крайних пластин пакета, навстречу

направлению течения охлаждающей воды. Затем это место запаивается.

Для замера давления и перепада давления по высоте центрального канала в каждом из обозначенных на рис. 4 сечений в торцах канала приварены аргонодуговой сваркой штуцера.

При проведении экспериментов пакет пластин зажимается болтами между двумя коробчатыми плитами с прокладками из листовой резины. Чтобы исключить потери тепла в окружающую среду, снаружи опытный образец закрыт теплоизоляционным материалом.

Основные геометрические размеры изготовленных для проведения экспериментов пластин, а также характеристики гофр и каналов между пластинами приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Геометрические характеристики экспериментальных образцов

№/№ / обр.	S, мм	h, мм	β , град	L, мм	в, мм	б, мм	F _{пл} , м ²	f _к *10 ² , м
1	18	5	60	1000	225	1	0,250	0,113
2	18	5	30	1000	225	1	0,250	0,113
3	36	10	60	1000	225	1,2	0,250	0,225
4	27	7,5	60	1000	225	1	0,250	0,165
5	18	5	45	1000	225	1	0,250	0,109

Выводы и перспективы дальнейшего развития данного направления.

Разработанная экспериментальная установка позволяет проводить исследования конденсации водяного пара из смеси с воздухом в широком диапазоне изменения основных параметров процесса: скоростей движения теплоносителей в каналах, содержания воздуха в смеси, тепловых нагрузок.

В экспериментах определяются температуры и давления в процессе конденсации на входе и выходе каналов, а также на восьми участках по их длине.

Экспериментальные образцы пакетов пластин позволяют изучить влияние на интенсивность процесса конденсации пара из паровоздушной смеси геометрической формы гофрировки теплопередающих пластин исследовать влияние угла

наклона гофр к вертикальной оси пластины и их шага. Угол при вершине гофры для всех пластин постоянный и равный 120 градусам.

В дальнейшем полученные экспериментальные результаты будут использоваться для проверки адекватности математических моделей процесса конденсации пара из парогазовой смеси в каналах пластинчатых теплообменников с различной формой гофрировки теплопередающих пластин.

Дальнейшая проверка и доработка моделей планируется по данным промышленных испытаний пластинчатых теплообменников. Это позволит разработать метод и программы расчета пластинчатых конденсаторов пара из парогазовой смеси для химической и других отраслей промышленности.

Список литературы

- IEA. 2008. Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency. www.iea.org/publications/freepublications/publication/Indicators_2008.pdf (Accessed 20th March 2014).
- Капустенко П. А., Кузин А. К., Макаровский Е. Л., Тovaжнiянский Л. Л., Ульев Л. М., Черная Е. Б., 2004. Альтернативная энергетика и энергосбережение: современное состояние и перспективы. ООО Издательский дом «Вокруг цвета, Харьков, Украина.
- Тovaжнiянский Л. Л., Анипко О.Б., Маляренко В.А., Абрамов Ю. А., Кривцова В. И., Капустенко П. А., 2002. Основы энерготехнологии промышленности. НТУ «ХПИ», Харьков, Украина.
- Arsenyeva O.P., Čuček L., Tovazhnyansky L.L., Kapustenko P.O., Savchenko Y.A., Kusakov S.K., Matsegora O.I., 2016. Utilisation of waste heat from exhaust gases of drying process, Front. Chem. Sci. Eng. 10 (1) (2016) 131–138.
- Klemeš J. J., Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyansky L., 2015. Compact Heat Exchangers for Energy Transfer Intensification: Low Grade Heat and Fouling Mitigation. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Huang J., Zhang J. and Wang L., 2015. Review of vapor condensation heat and mass transfer in the presence of non-condensable gas. Applied thermal engineering, 89, 469–484.
- Kharangate C.R., Mudawar, I., 2017. Review of computational studies on boiling and condensation. International Journal of Heat and Mass Transfer, 108, 1164–1196.
- Kapustenko P., Boldyryev S., Arsenyeva O., Khavin G., 2009. The use of plate heat exchangers to improve energy efficiency in phosphoric acid production. Journal of Cleaner Production, 17(10), 951–958.
- Tovazhnyansky L.L., Kapustenko P.O., Nagorna O.G., Perevertaylenko O.Y., 2004. The simulation of multicomponent mixtures condensation in plate condensers. Heat transfer engineering, 25(5), 16–22.
- Тovaжнiянский Л.Л., Капустенко П.А., 1989. Теоретические основы расчета и разработки сварных пластинчатых теплообменников для агрегатов синтеза аммиака. Химическая промышленность, 8, 17–22.

11. Arsenyeva O., Tovazhnyansky L., Kapustenko P., Perevertaylenko O., Khavin, G., 2011. Investigation of the new corrugation pattern for low pressure plate condensers. *Applied Thermal Engineering*, 31(13), 2146–2152.
12. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Арсен'єва О.П., Ольховська О.І., Орлова Є.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (підручник з грифом МОНУ), Київ: Центр учбової літератури, 2011. – 832 с.
13. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Денисова А.Є., Демидов І.М., Капустенко П.О., Арсен'єва О.П., та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). 2-ге вид. доп. [текст] підручник. – Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 470 с.
6. Huang J., Zhang J. and Wang L., 2015. Review of vapor condensation heat and mass transfer in the presence of non-condensable gas. *Applied thermal engineering*, 89, 469–484.
7. Kharangate C.R., Mudawar, I., 2017. Review of computational studies on boiling and condensation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 108, 1164–1196.
8. Kapustenko P., Boldyryev S., Arsenyeva O., Khavin G., 2009. The use of plate heat exchangers to improve energy efficiency in phosphoric acid production. *Journal of Cleaner Production*, 17(10), 951–958.
9. Tovazhnyansky L.L., Kapustenko P.O., Nagorna O.G., Perevertaylenko O.Y., 2004. The simulation of multicomponent mixtures condensation in plate condensers. *Heat transfer engineering*, 25(5), 16–22.
10. Tovazhnyansky L.L., Kapustenko P.O., 1989, Theoretical foundations for design and development of welded plate cold exchangers for ammonia synthesis units. *Chemical Industry (Khimicheskaya promyshlennost)*, 8, 17–22. (In Russian).
11. Arsenyeva O., Tovazhnyansky L., Kapustenko P., Perevertaylenko O., Khavin, G., 2011. Investigation of the new corrugation pattern for low pressure plate condensers. *Applied Thermal Engineering*, 31(13), 2146–2152.
12. Tovazhnyansky L.L., Bukhhalo S. I., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Ol'hov's'ka O.I., Orlova Є.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (pidruchnik z grifom MONU), Kiiv: Centr uchbovoї literaturi, 2011. – 832 p.
13. Tovazhnyansky L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.Є., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., та ін. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). 2-ge vid. dop. [tekst] pidruchnik. – Kiiv: Centr uchbovoї literaturi, 2016. – 470 p.

Bibliography (transliterated)

1. IEA. 2008. Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency. www.iea.org/publications/freepublications/publication/Indicators_2008.pdf (Accessed 20th March 2014).
2. Kapustenko P.O., Kuzin A. K., Makarovskiy E. L., Tovazhnyansky L.L., Ulyev L. M., Chernaya E. B., 2004. *Alternativnaya energetika I energosberezhenie: sovremennoe sostoyanie i perspektivi*. OOO Izdatelskiy dom «Vokrug tsвета».
3. Tovazhnyansky L.L., Anipko O.B., Malyarenko V.A., Abramov Y.A., Krivzova V.I., Kapustenko P.A., 2002. The basics of energy saving technologies in industry. NTU «KhPI», Kharkiv, Ukraine.
4. Arsenyeva O.P., Čuček L., Tovazhnyansky L.L., Kapustenko P.O., Savchenko Y.A., Kusakov S.K., Matsegora O.I., 2016. Utilisation of waste heat from exhaust gases of drying process, *Front. Chem. Sci. Eng.* 10 (1) (2016) 131–138.
5. Klemeš J. J., Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyansky L., 2015. Compact Heat Exchangers for Energy Transfer Intensification: Low Grade Heat and Fouling Mitigation. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Надійшла (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Василенко Олександр Анатолійович (Василенко Александр Анатольевич, Vasilenko Aleksandr. Anatolevich) – аспірант кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4054-6588>; e-mail: kirgleb1969@gmail.com

Товажнянський Леонід Леонідович (Товажнянский Леонид. Леонидович, Tovazhnyansky Leonid Leonidovych) – почесний ректор Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9000-3824>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

Кусаков Сергій Константинович (Кусаков Сергей Константинович, Kusakov Sergey Konstantinovich) – аспірант кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7192-7784>; e-mail: sergey.kusakov@gmail.com

УДК 669.074:621.311

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.02

А. Є. ДЕНИСОВА, Л. І. МОРОЗЮК, АЛХЕМІРІ СААД АЛЬДІН, А. В. ЦУРКАН**СХЕМО-КОНСТРУКТИВНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ ТРИГЕНЕРАЦІЇ ДЛЯ УМОВ БЛИЗЬКОГО СХОДУ**

Для країн Близького Сходу забезпечити нормальні умови існування населення - цілорічне стабільне отримання електричної енергії, гарячого водопостачання, кондиціонування та опалення приміщень, здатні системи тригенерації на основі сонячних енергетичних установок. Запропоновано малу сонячну енергетичну установку прямого перетворення енергії. Холодо- та теплостачання приміщення здійснюється парокompресорною машиною через систему вентиляції зі зміною напрямку та витрати обробленого зовнішнього повітря.

Ключові слова: система тригенерації; сонячна енергетична установка; парокompресорна холодильна машина.

**А. Е. ДЕНИСОВА, Л. И. МОРОЗЮК, АЛХЕМИРИ СААД АЛЬДИН, А. В. ЦУРКАН
СХЕМО- КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ТРИГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ УСЛОВИЙ БЛИЖНЕГО ВОСТОКА**

Для стран Ближнего Востока обеспечить нормальные условия существования населения - круглогодичное стабильное получение электрической энергии, горячего водоснабжения, кондиционирования и отопления помещений, способны системы тригенерации на основе солнечных энергетических установок. Предложена малая солнечная энергетическая установка прямого преобразования энергии. Холодо- и теплоснабжение помещения осуществляется парокompресорной машиной через систему вентиляции с изменением направления и расхода обработанного наружного воздуха.

Ключевые слова: система тригенерации; солнечная энергетическая установка; парокompресорная холодильная машина

**А. Е. DENYSOVA, L. I. MOROZUK, ALCHEMIRI SAAD ALDIN, A. V. TSURKAN
SCHEMES, DESIGN AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF TRIGENERATION SYSTEMS FOR THE CONDITIONS OF THE MIDDLE EAST**

Trigeneration systems based on solar power plants are capable to ensure normal living conditions for the population – year-round stable generation of electric energy, hot water supply, air conditioning and space heating for the countries of the Middle East. Small solar power plant for direct energy conversion is worked out. The heat and cold supply system of the room at base of one-stage steam compressor machine working in wide range of temperatures and pressures is proposed. The selection of low boiling substance is based on its thermodynamic perfection. In the machine, the condenser and the evaporator are the air heat exchangers. For changing of work modes of heat supply system at base of heat pump and of air conditioning at base of refrigerating machine reverse of flow of working substance is not provided in heat exchangers. The total flow rate of external air through the ventilation system is distributed between the condenser and the evaporator in accordance with the necessary values. The outside air, which is prepared in corresponding apparatuses, through the ventilation system, while changing the direction and flow rate, provides the air conditioning or heating of the room. The proposed system provides high energy efficiency of cooling and heating modes, operational reliability and maintaining a constant comfortable temperature in the room for any seasonal and daily parameters of the outside air.

Keywords: trigeneration system; solar power plant; vapor compression refrigerating machine

Вступ. Тригенерація – процес одночасного виробництва електроенергії, тепла і холоду від однієї енергетичної установки. Рішення про доцільність застосування систем тригенерації для конкретних споживачів з вибором робочих параметрів і характеристик блоків системи вимагає детального аналізу і збору даних щодо реальних величин термодинамічної досконалості кожного блоку. Дані для аналізу отримані з вивчення енергетичного, екологічного та економічного стану споживача, моніторингу роботи дійсних установок у подібних умовах і розвитку.

Постановка задачі в загальному вигляді і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Вивчення енергетичного, екологічного, економічного та соціального стану країн та населення Близького Сходу встановило, що країни, які належать до цього регіону, мають тропічний або різко континентальний клімат з значними коливаннями температур зовнішнього повітря не тільки на протязі року, але і впродовж доби, велику сонячну інсоляцію у всіх сезонах року [1]. Централізоване енергопостачання має значні перебої, особливо в нічні часи. Великі споживачі енергії переходять на локальні

енергетичні установки. Забезпечити нормальні умови існування населення – цілорічне стабільне отримання електричної енергії, гарячого водопостачання, кондиціонування та опалення приміщень спроможні системи тригенерації на основі сонячних енергетичних установках.

Мета роботи. Здійснити синтез схемо-циклового та конструктивно –технологічного рішень блоку тепло-холодостачання системи тригенерації малої енергетики на базі сонячної енергетичної установки, яке задовольняє умовам енергозбереження та соціальним потребам населення країн Близького Сходу.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Енергетичні потоки в системі тригенерації. В системі тригенерації (рис. 1) головною є енергетична установка (ЕУ). Первинною енергією (ПЕ) є паливо (тверде, рідке, газоподібне, біогаз, відновлювальні джерела тощо). Система виробляє три головних ефекти: електроенергію (ЕЕ), тепло (ТЕП) і холод (ХОЛ).

© Денисова А.Є., Морозюк Л.І., Алхемірі Саад Альдін.,

Цуркан А.В., 2018

Для отримання холоду витрачають частину виробленого тепла або частину виробленої електроенергії. Система має два обов'язкових скидання в навколишнє середовище (ОС) – в

енергетичній установці і холодильній, і внутрішні незворотні втрати в системі – Д (деструкція енергії). У загальному випадку, енергетичний баланс системи тригенерації можна записати математичним виразом:

$$Q_{ne} - Q_{ee} / \eta_{ey} = (Q_{men} / COP_{men}) + (Q_{хол} / COP_{хол}) + Q_{oc} + Q_{\delta}, \quad (1)$$

де Q_{ne} – первинна енергія; Q_{ee} – теплота, що призначена для отримання електроенергії; Q_{men} – теплота, що призначена для опалення; $Q_{хол}$ – теплота, що призначена для отримання холоду; Q_{oc} – обов'язкове скидання теплоти в навколишнє середовище; Q_{δ} – деструкція енергії в системі; COP_{men} – коефіцієнт енергетичної ефективності теплового насоса (виробництво теплоти); $COP_{хол}$ – коефіцієнт енергетичної ефективності холодильної машини (виробництво холоду).

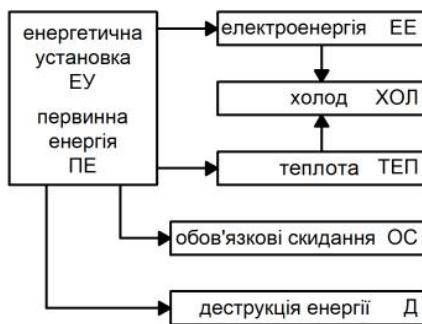


Рис. 1. Схема енергетичних потоків в системі тригенерації

Для енергетичної установки рівняння (1) має вигляд:

$$Q_{ne} = Q_{ee} / \eta_{ey} + Q_{oc} + Q_{\delta} \quad (2)$$

Для системи когенерації, відповідно:

$$Q_{ne} - Q_{ee} / \eta_{ey} = (Q_{men} / COP_{men}) + Q_{oc} + Q_{\delta} \quad (3)$$

Ступінь утилізації теплоти за рівнянням (2) визначається її використанням за прямим призначенням (опаленням) згідно вимогам конкретного споживача. Максимальне використання теплоти залежить від конструктивних особливостей системи опалення і характеризується величиною Q_{δ} .

Сумарне виробництво теплоти і холоду та співвідношення теплових потужностей й температурних режимів установок виробництва теплоти і холоду повністю визначаються потребами споживача та безпосередньо залежать від кліматичних та житлових умов, в яких він знаходиться, і родом його виробничої діяльності. При цьому важливий вплив надають сезонні і добові коливання температури зовнішнього повітря. Отже, перший та другий доданки в правій частині рівняння

(1) змінюються відповідно до потреб споживача при збереженні загального енергетичного балансу. Для визначення величин всіх доданків в рівняннях (2) та (3) слід враховувати широке розмаїття енергетичних установок (газопоршневі, газотурбінні, паливні елементи, дизель-генератори, сонячні батареї тощо).

Енергетичні установки малої енергетики.

Світовий енергетичний ринок пропонує великий вибір енергетичних установок малої потужності за достатньо невелику ціну. До них відносять сонячні установки, дизельні, газопоршневі, газотурбінні, бензинові електростанції. Вказані установки можна розглядати як переконливу альтернативу на ринку устаткування для децентралізованого виробництва електричної та теплової енергії. До переваг газотурбінних установок малих габаритів відносять можливість роботи протягом тривалого часу при низьких навантаженнях, малих забруднюючих викидів, низьких рівнів вібрацій та шумів, малих експлуатаційних витрат, за можливістю працювати з різними видами палива, високою надійністю. Найвищий електричний ККД досягає 35% у газовій турбіні, і близько 45% у газопоршневого двигуна під стовідсотковому навантаженням, а в режимі когенерації – близько 85%. При зниженні навантаження до 50%, застосовують газопоршневі двигуни, якщо необхідно виробляти рівну кількість теплової та електричної енергії, а газотурбінні – якщо необхідно виробляти в 2–2,5 рази більше теплової енергії, ніж електричної [2].

Безсумнівно, найбільший інтерес привертають методи прямого перетворення енергії. До них відносяться електрохімічні, фотоелектричні, термоелектричні, термоемісійні та МГД-перетворювачі. З електрохімічних перетворювачів сьогодні найбільший попит (і навіть бум) викликають паливні елементи. У паливних елементах відбувається пряме перетворення хімічної енергії в електричну. На відміну від гальванічних елементів тут є необхідні матеріали – паливо і окислювач. У існуючих паливних елементах електричний ККД становить 35–60%, в режимі когенерації – близько 80% і вище. Наприклад, при самостійній експлуатації електрична потужність твердооксидних паливних елементів становить 60%, а загальна теплова потужність при когенерації – 85% [3]. Високоєфективні і екологічні паливні елементи відносяться до інноваційних продуктів.

Фотоелектричні установки є автономними установками малої потужності, які можуть використовуватися в населених пунктах, віддалених від систем централізованого енергопостачання. Такі

установки вже сьогодні конкурентоздатні з дизель-генераторами, які працюють на імпортованому паливі. Однак сонячна фотоелектрична установка може працювати тільки в денний час. Ця обставина змушує резервувати енергію за допомогою акумуляторних батарей, які запасують енергію і роблять її доступною в несприятливих умовах: вдень, вночі і в будь-яку погоду. Найбільш розвинені країни світу продовжують залишатися в авангарді ринка сонячної енергетики. Ця політика направлена перш за все на приватний сектор споживання електроенергії, для забезпечення електроенергією самої родини, а надлишки – продати електричним компаніям, тим самим повернути інвестиції в купівлю сонячної електростанції [4]. В енергетичних установках невеликих встановлених потужностей й в мобільних установках застосовують рідкопаливні дизель-генератори. Після аналізу рівнянь (2) і (3) для подальших розрахунків були виведені середні значення, які характеризують вироблення електроенергії і теплоти когенераційною установкою:

$$Q_{ee} = 35\%, \quad Q_{men} = 50\%, \quad (Q_{\partial} + Q_{oc}) = 15\%.$$

Тригенерація забезпечує використання генеруючого пристрою протягом всього року, тим самим не знижуючи високого ККД енергетичної установки. Влітку, коли потреба в виробництві тепла падає, збільшується потреба в холоді.

Сумарне виробництво тепла і холоду залежить від потреб споживача та безпосередньо визначається кліматичними та житловими умовами, в яких він знаходиться і родом його виробничої діяльності. При цьому важливий вплив надають сезонні і добові коливання температури з зовнішнього повітря. Отже, перший та другий доданки в правій частині рівняння (1) змінюються відповідно до потреб споживача при збереженні загального енергетичного балансу.

Відомості про споживачів енергії. Споживачі електричної енергії відносяться до цілорічних. Споживання помітно змінюється протягом доби, але відносно стає протягом року. Воно майже не залежить від температури навколишнього середовища. До цілорічних послуг відносяться і гаряче водопостачання. Для умов жаркого клімату з високими середньорічними температурами навколишнього середовища температура споживаної гарячої води майже не змінюється за сезонами. Витрата гарячої води протягом доби значно змінюється, тому безперервна її наявність в розпорядженні споживача потребує акумуляції.

До сезонних теплових споживачів віднесено опалення, вентиляцію та кондиціонування повітря. Споживна теплова потужність і закономірність її зміни залежить від кліматичних умов. Період реальної потреби в теплі обмежується періодом року з низькою середньою температурою зовнішнього повітря. У той же час, існує значна потреба в холодопостачанні для кондиціонування тих же приміщень та зберігання охолоджених продуктів в теплий період року. В даних випадках, комбіновану

енергосистему можна експлуатувати цілорічно.

Сезонне теплове споживання змінне протягом року, але порівняно стає протягом доби для континентального клімату, що пояснюється малою зміною денної та нічної температур та теплоємністю житлових приміщень. В жаркому кліматі спостерігаються значні коливання денних та нічних температур, а амплітуда стає порівнянною до сезонних. Житлові будівлі мало інерційні. Соціальний фактор (життєдіяльність людини) потребує стабілізації комфортних температур в житлових приміщеннях добовою зміною режимів кондиціонування та опалювання [5]. Максимальні добові витрати теплоти на гаряче водопостачання та нічне опалення не збігаються за часом, що варто враховувати при проектуванні системи тригенерації.

Технологічні схеми систем тригенерації. На підставі аналізу характеристик споживача та енергетичної установки формуються технологічні схеми тригенераційних систем. Відповідно до типу енергетичної установки має місце дві схеми: з паливними установками та установками прямого перетворення енергії [6, 7, 8]. Паливні установки (рис. 2) мають утилізаційний котел та виробляють два корисних ефекти: електроенергію та тепло. Електроенергія йде на побутові потреби споживача. Тепло використовується у двох напрямках: за прямим призначенням – отриманням гарячої води і опаленням, та у якості первинної енергії для холодильної машини або теплового насосу. Для виробництва холоду в систему включені тепловикористальні холодильні машини – абсорбційні, ежекторні або компресорні [9]:

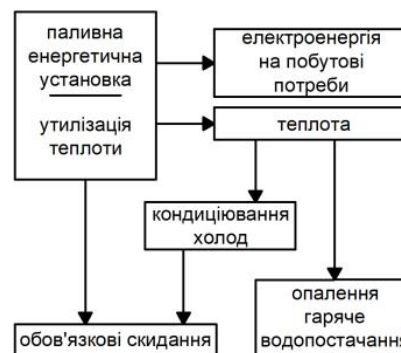


Рис. 2. Технологічна схема тригенерації з паливними енергетичними установками

Сонячні установки прямого перетворення енергії мають додаткові теплові сонячні колектори для роботи за прямим призначенням – отриманням гарячої води (рис. 3). Електроенергія частково йде на побутові потреби споживача, а частково є первинною енергією для холодильної машини або теплового насосу. Для виробництва холоду використовується пароконденсаторна холодильна машина з приводом від електродвигуна, з низькокиплячими робочими речовинами, природними або синтезованими, чистими або сумішами.

Розглянуті системи мають головну енергетичну установку (ЕУ) зі своєю робочою речовиною, яка відрізняється від робочої речовини холодильної машини. Температурні рівні процесів в системі цілком залежать від властивостей робочих речовин як енергетичної, так і холодильної машин [10].

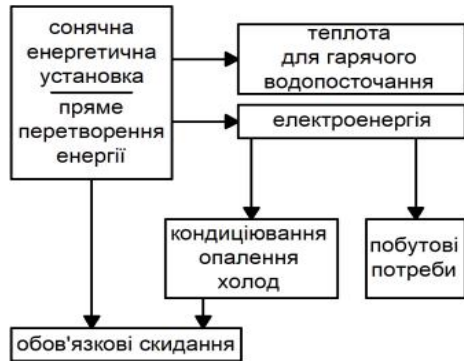


Рис. 3 – Технологічна схема тригенерації з сонячними енергетичними установками

Конструктивна схема систем тригенерації.

Розглянемо конструктивну схему тригенерації, енергетичні потоки та технологічну схему, якої розглянуто вище (рис. 3). Принципову схему надано на рис. 4. Сонячна енергетична установка містить: теплові сонячні колектори прямого підігріву води для побутових потреб та сонячну фотоелектричну батарею для прямого перетворення тепла в електроенергію.

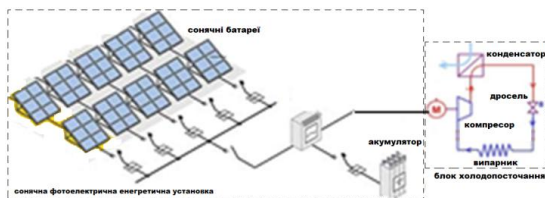


Рис. 4 – Схема тригенерації з парокompресорною холодильною машиною

Холодильна машина має чотири елементи: компресор, конденсатор, випарник, дросельний

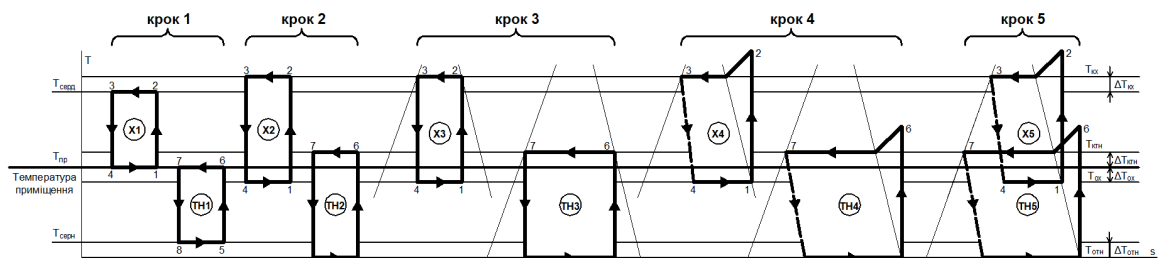


Рис. 5 – «Метод циклів» в синтезі схемно-циклового рішення блоку холодопостачання

У якості зразка обрано два цикли: *Карно XI* (холодильний) та *Карно ТН1* (теплонасосний), які побудовано на трьох рівнях температур: навколишнього середовища $T_{серд}$ для денного часу

пристрій. Для реалізації змінних режимів роботи в одній машині в різні сезони року світовий ринок устаткування пропонує агреговану з двох блоків «Спліт-систему» малої потужності [11] та комплексну дахову машину «Руфтоп» середньої та великої потужності» [12]. В обох машинах зміна режимів здійснюється реверсом руху робочої речовини через теплообмінні апарати завдяки додатковому регулюючому обладнанню. Такий спосіб задовольняє сезонну роботу машини на протязі року і не може бути використаним для короткочасних змін режимів на протязі доби. Причини: потрібність швидкої зміни робочих тисків та температур в апаратах, інерційність машини.

Отже, завдання сформульовано так: здійснити синтез схемно-циклового рішення блоку холодопостачання для забезпечення постійної температури в житловому приміщенні в умовах тропічного клімату на протязі року незалежно від добових та сезонних коливань температури навколишнього середовища.

Синтез схемно-циклового рішення блоку холодопостачання «методом циклів».

Класичний підхід до створення будь-якої енергоперетворювальної системи починається з термодинамічного аналізу. Він є першою сходинкою в процесі проектування, та за його результатами майбутня система виявляється працездатною з високою енергетичною досконалістю або її подальший розвиток не має практичного сенсу. Схемно-циклове рішення компресорної холодильної машини пропонується синтезувати «методом циклів». «Метод циклів» полягає в поетапному нарощуванні незворотностей в циклі Карно (послідовному «погіршенні» ідеального циклу), які обумовлені реальною роботою кожного елемента в складі холодильної машини (теплового насоса) [13]. Оскільки цикл Карно приймається універсальним циклом-зразком з джерелами тепла за умовно постійних температурах, термодинамічний аналіз здійснюється в системі координат $T - s$ «температура-ентропія». «Метод циклів» – це покроковий метод, основні етапи якого представлені на рис.5.

(теплого сезону року), навколишнього середовища для нічного часу $T_{серн}$ (холодного сезону) та в приміщенні $T_{пр}$, яка відповідає комфортним умовам

існування споживачів як протягом року, так і цілодобово незалежно від зміни температури навколишнього середовища (крок 1). Процеси теплообміну між робочою речовиною в циклах $X2$ і $TH2$ та джерелами реалізуються за наявності різниць температур $\Delta T_{кх}, \Delta T_{ох}, \Delta T_{ктн}, \Delta T_{отн}$, що включає в цикли зовнішні незворотності (рис. 5, крок 2). Цикли $X3$ та $TH3$ (рис. 5, крок 3) побудовані за умови введення кривих насичення для конкретної робочої речовини. Дійсні цикли $X4$ та $TH4$ одноступеневих компресорних машин побудовано на кроці 4. Проміжні цикли класичного аналізу [13] між кроком 3 та 4 не розглядаються. На даному кроці аналізу цикли $X4$ та $TH4$ супроводять схемні рішення одноступеневих компресорних машин, а елементам надано конкретні назви: компресор, конденсатор, випарник, дросельний пристрій. Наявність єдиної робочої речовини в циклах $X5$ та $TH5$ демонструє крок 5. Він же пропонує єдиний комплекс устаткування. Відповідно до процесів, які здійснюються в машині, основні робочі температури: кипіння в випарнику $T_{ох}$ (цикл $X5$), $T_{отн}$ (цикл $TH5$), температура конденсації в конденсаторі $T_{кх}$ (цикл $X5$), $T_{ктн}$ (цикл $TH5$). Врахування єдиної робочої речовини в машині довело, що циклам X та TH відповідає одне схемне рішення але різні робочі температури, які можуть бути реалізовані в одному універсальному компресорі.

Згідно кліматичним даним країн Близького сходу [1] та стандартів на комфортні температури в житловому приміщенні окреслимо поле робочих температур, яке має бути реалізовано в машині з універсальним компресором (рис. 6).

В системі координат $T_k - T_o$ (температура конденсації – температура кипіння, діаграма Бенке) отримуємо межі робочих температури для компресора:

$$T_k^{max} = 60\text{ }^\circ\text{C}; T_k^{min} = 30\text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_o^{max} = 15\text{ }^\circ\text{C}; T_o^{min} = -5\text{ }^\circ\text{C}.$$

Універсальні компресори для таких умов серійно випускають провідні фірми світу [14, 15], тому режими кондиціювання та опалення однією машиною можуть бути реалізовані.

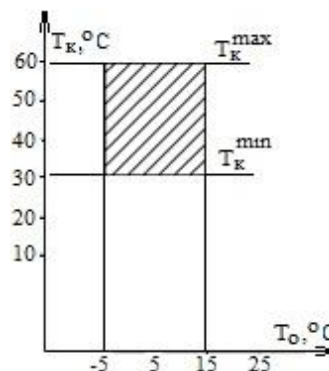


Рис. 6 – Діаграма Бенке для вибору робочої речовини за відомими обмеженнями на використання устаткування

Стабільній роботі системи «холодильна машина – приміщення» відповідає енергетичний баланс в режимі кондиціювання $Q_o = Q_{вип} = Q_{пр}$ або в режимі опалювання $Q_k = Q_{конд} = Q_{пр}$, де Q_o, Q_k – холодопродуктивність та теплопродуктивність компресора, відповідно; $Q_{вип}, Q_{конд}$ – теплова потужність випарника та конденсатора, відповідно; $Q_{пр}$ – теплові припливи та теплові втрати приміщення, відповідно. Зміна теплових навантажень в приміщенні (позитивних та негативних) компенсується регулюванням об'ємної продуктивності компресора. Теплообмінні апарати конденсатор та випарник виконують свої функції незалежно від режимів, реверса робочої речовини між ними не передбачено. Теплообмін між робочою речовиною циклу та споживачем здійснюється проміжним теплоносієм – зовнішнім повітрям, яке циркулює в системі вентиляції. Технологічна схема циркуляції потоків наведена на рис. 7.

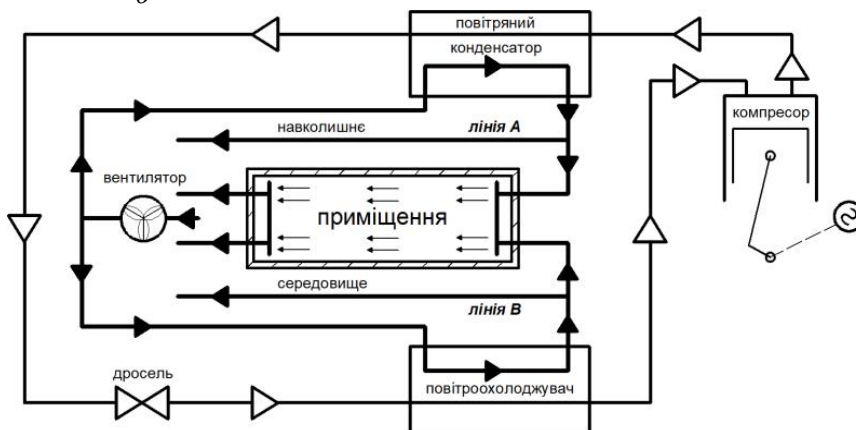


Рис. 7 – Технологічна схема циркуляції потоків в блоці холодопостачання

Потік свіжого повітря вентилятором подається у двох напрямках: до конденсатора та повітроохолоджувача (випарника).

В режимі кондиціювання потік охолодженого повітря після випарника подається у приміщення в припливну лінію вентиляції. Підігріте повітря покидає приміщення через витяжну лінію. Другий потік повітря рухається через конденсатор, відводить тепло та по лінії А повертається в навколишнє середовище.

В режимі опалювання потік підігрітого повітря після конденсатора прямує до приміщення, опалює його та виходить назовні. Потік повітря після випарника через лінію В повертається в навколишнє середовище.

Аналіз результатів дослідження. Технологічна схема дозволяє одночасно здійснювати охолодження або підігрівання повітря і при цьому подавати свіже повітря в приміщення, що має її значною перевагою. До самої машини є можливість підібрати додаткове оснащення, яке дозволяє індивідуально підійти до кожного об'єкту та регулювати потоки повітря через апарати.

Блок холодопостачання системи тригенерації за цією технологічною схемою являє собою холодильну машину, яку виконано в єдиному корпусі для захисту усіх внутрішніх агрегатів від атмосферного впливу, і призначено для установки, поза приміщенням. У обробку повітря входить його нагрівання, охолодження, фільтрація і таке інше. По суті – це багатофункціональний пристрій, де зібрано в одному компактному корпусі обладнання для обслуговування всієї будівлі, в цілому році.

Список литературы:

1. RETScreen Plus Expert "Renewable Energy Project Analysis Software, Energy Model and Solar Resource and Heating Load Calculation" (SR&HLC) // RETScreen Customer Support, CanMet Energy Diversification Research Laboratory, Natural Resources Canada.–2018. [Electronic resource] – Available at: <https://www.nrcan.gc.ca/energy/resources>, <https://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency>
2. Почему газопоршневые мини-ТЭЦ, а не газотурбинные? [Эл. ресурс] – Режим доступа: <http://www.genstab.com.ua/stati/1-statya-1>
3. Использование топливных элементов для децентрализованного энергоснабжения удаленных сельскохозяйственных объектов [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://nauchforum.ru/node/333>
4. Принцип работы автономной фотоэлектрической станции [Эл. ресурс] – Режим доступа: <http://www.vorobiov.com/archive/domikpro/detail-printsip-raboty-avtonomnoy-fotoelektricheskoy-stantsii.html>
5. Драганов Б.Х. Теплотехника: Підручник / Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.А. Долинский, В.О. Лазоренко, А.В. Міщенко, О.В. Шеліманова (за ред. Б.Х. Драганова). 2-е вид., перероб. і доп. Київ «ІНКОС», 2005, – 504 с.
6. Medved D. Trigenation units / D. Medved // Intensive Programme "Renewable Energy Sources". 2011, – p. 47–50. [Electronic resource] Available at: http://home.zcu.cz/~tesarova/IP/Proceedings/Proc_2011/Files/Medved.pdf
7. Performance assessment of cogeneration and trigeneration systems for small scale applications / Angrisani G., Akisawa A., Marrasso E. et al. // Elsevier. 2016.
8. Trigenation systems with fuel cells / J.I. San Martín, I. Zamora, J.J. San Martin et al. // Department of Electrical Engineering – University of the Basque Country. [Electronic resource] – Available at: <http://www.icrepq.com/icrepq-08/245-san-martin.pdf>
9. Морозюк Л.И. Теплоиспользующие холодильные машины – пути развития и совершенствования / Л.И. Морозюк // Холодильная техника и технология. 2014. №5 (151), – с. 23–29.
10. Bellos E. Parametric analysis and optimization of a solar driven trigeneration system based on ORC and absorption heat pump / E. Bellos, C. Tzivanidis // International Journal of Refrigeration. 2017. Vol.161, – pp. 493–509.
11. Настенные сплит-системы Mitsubishi Electric. [Electronic resource] – Available at: <https://tdkcomfort.ru/shop/nastennye-split-sistemy-mitsubishi-electric-msz-fh25ve-muz-fh25ve-inverter>
12. Руфтопы, принцип работы. [Electronic resource] – Available at: <http://trane-dnw.ru/ruftop-princip-raboty>
13. Морозюк, Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов [Текст] / Т.В. Морозюк. Одесса: Студия «Негоциант», 2006, – 712 с.
14. BITZER, поршневые компрессоры. [Electronic resource] – Available at: <https://www.bitzer.de/ru/ru/%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%88%D0%BD%D0%B5%D0%B2%>

- [D1%8B%D0%B5-D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80](#)
15. Спиральные компрессоры Copeland Scroll. [Electronic resource] – Available at: <https://specholid.ru/oborudovanie/Copeland-Scroll.html>

Bibliography (transliterated):

1. RETScreen Plus Expert "Renewable Energy Project Analysis Software, Energy Model and Solar Resource and Heating Load Calculation" (SR&HLC) // RETScreen Customer Support, CanMet Energy Diversification Research Laboratory, Natural Resources Canada. –2018. [Electronic resource]. – Available at: <https://www.nrcan.gc.ca/energy/resources>, <https://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency>
2. Pochemu gazoporshnevye mini-TEC, a ne gazoturbinye? [Electronic resource] – Available at: <http://www.genstab.com.ua/statyi/1-statya-1>
3. Ispolzovanie toplivnykh elementov dlia decentralizovannogo energosnabgenia udalennykh selskokhoziaistvennykh obektov [Electronic resource] – Available at: <https://nauchforum.ru/node/333>.
4. princip raboty avtonomnoi fotoelektricheskoi stantsii [Electronic resource] – Access mode: <http://www.vorobiov.com/archive/domikpro/detail-printsip-raboty-avtonomnoy-fotoelektricheskoy-stantsii.html>
5. Draganov B.X. Teplotekhnika: Text-book / B.X. Draganov, O.C. Bessarab, A.A. Dolinskii, B.O. Lazorenko, A.B. Mischenko, O.B. Shelimanova (pod red. B. X. Draganova). – 2-e izdanie, pererab. and dop. – Kiev «ІНКОС», 2005. – 504 p.
6. Medved D. Trigeration units / D. Medved // Intensive Programme «Renewable Energy Sources». 2011. – P. 47–50. Available at: http://home.zcu.cz/~tesarova/IP/Proceedings/Proc_2011/Files/Medved.pdf
7. Performance assessment of cogeneration and trigeneration systems for small scale applications / Angrisani G., Akisawa A., Marrasso E. et al. // Elsevier. 2016.
8. Trigeneration systems with fuel cells / J.I. San Martín, I. Zamora, J.J. San Martín et al. // Department of Electrical Engineering – University of the Basque Country. [Electronic resource] – Available at: <http://www.icrepq.com/icrepq-08/245-san-martin.pdf>
9. Morozuk, L.I. Teploispolzujuschie kholodilnye mashinu – puti razvitiia I sovershenstvovaniia / L.I. Morozuk // Kholodilnaja tehnika I tehnologia. 2014. №5 (151), – pp. 23–29.
10. Bellos E. Parametric analysis and optimization of a solar driven trigeneration system based on ORC and absorption heat pump / E. Bellos, C. Tzivanidis // International Journal of Refrigeration. 2017. – Vol. 161, – pp. 493–509.
11. Nastennye split-sustemy Mitsubishi Electric – [Electronic resource] – Available at: https://tdkomfort.ru/shop/nastennye_split_sistemy_mitsubishi_electric_msz_fh25ve_muz_fh25ve_inverter
12. Ruftopy, printsip raboty <http://trane-dnw.ru/ruftop-princip-raboty>
13. Morozuk, T.V. Teoria kholodilnykh mashin I teplovykh nasosov [Text] / T.V. Morozuk. Odessa: Studia «Negotsiant», 2006, – 712 p.
14. BITZER, porshnevye kompressory [Electronic resource] – Available at: <https://www.bitzer.de/ru/ru/%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%88%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80>
15. Spiralnye kompressory Copeland Scroll [Electronic resource] – Available at: <https://specholid.ru/oborudovanie/Copeland-Scroll.html>

Поступила (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Денисова Алла Євсївна (Денисова Алла Евсеевна, Denysova Alla Evsiivna) – доктор технічних наук, професор кафедри теплових електричних станцій і енергозберігаючих технологій, Одеський національний політехнічний університет; м. Одеса, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3906-3960>; e-mail: alladenysova@gmail.com

Морозюк Лариса Іванівна (Морозюк Лариса Ивановна, Morozuk Larisa Ivanivna) – доктор технічних наук, професор кафедри кріогенної техніки, Одеська національна академія харчових технологій; м. Одеса, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4133-1984>; e-mail: lara.morozuk@mail.ru

Алхемірі Саад Альдін (Алхемірі Саад Альдин, Alhemiri Saad Aldin) – аспірант кафедри теплових електричних станцій і енергозберігаючих технологій, Одеський національний політехнічний університет; м. Одеса, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4860-7923>; e-mail: eng.saadaldin@outlook.com

Цуркан Андрій Володимирович (Цуркан Андрей Владимирович, Tsurkan Andriy Volodymyrovych) – аспірант кафедри теплових електричних станцій і енергозберігаючих технологій, Одеський національний політехнічний університет; м. Одеса, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6708-2803>; e-mail: andreyenergobud@gmail.com

УДК 623.459.7

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.03

*О. В. ГАЛАК, М. Д. САХНЕНКО, М. В. ВЕДЬ, С. М. МЕНЬШОВ, О. П. КЛИМОВ***ВИКОРИСТАННЯ ОКСИДУ ТИТАНУ ДЛЯ ДЕЗИНТЕГРАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ЗА ДОПОМОГОЮ ФОТОКАТАЛІЗУ**

Покриття TiO₂ мають високу адгезію до поверхні. Будь-яку поверхню з нанесенням TiO₂ легко позиціонувати для опромінення світлом, на відміну від порошків, які треба ще якось розмістити і зафіксувати на поверхні. Доведено, що на поверхні TiO₂ можуть бути окиснені (мінералізовані) практично будь-які органічні сполуки. На практиці будь-який фотокаталітичний очищувач повітря включає в себе пористий носій з нанесеним TiO₂, який опромінюється ультрафіолетовими променями і через який продувається повітря. Фотокаталіз придатний для побутового використання, оскільки може відбуватися при кімнатній температурі. Наприклад, термокаталітичний спосіб руйнування шкідливих речовин вимагає попереднього нагрівання повітря до температури понад 200°C. Фотокаталіз руйнує речовини, які проникають навіть через фільтри на основі активованого вугілля. Розглянуті особливості формування оксидних покриттів плазмово-електролітичним оксидуванням сплавів титану. Запропоновано дообладнати конструкцію систем колективного захисту на бронетехніці та стаціонарних об'єктів додатковим встановленням у фільтр-поглинач мережки з нанесеним шаром каталітичного матеріалу, що буде нейтралізувати різні види небезпечних хімічних речовин за рахунок фотокаталітичного очищення повітря.

Ключові слова: фотокаталіз, фільтр поглинач, оксид титану, небезпечні хімічні речовини, повітроочищувач, каталітичний матеріал, система колективного захисту, плазмово-електролітичне оксидування.

*А. В. ГАЛАК, Н. Д. САХНЕНКО, М. В. ВЕДЬ, С. Н. МЕНЬШОВ, О. П. КЛИМОВ***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ ФОТОКАТАЛИЗА**

Покрывтие TiO₂ обладает высокой адгезией к поверхности. Любую поверхность с нанесением TiO₂ легко позиционировать для облучения светом, в отличие от порошков, которые надо еще как-то разместить и зафиксировать на поверхности. Доказано, что на поверхности TiO₂ могут быть окислены (минерализованы) практически любые органические соединения. На практике любой фотокаталитический очиститель воздуха включает в себя пористый носитель с нанесенным TiO₂, который облучается ультрафиолетовыми лучами и через который продувается воздух. Фотокаталіз пригоден для бытового использования, так как может происходить при комнатной температуре. Например, термокаталитический способ разрушения вредных веществ требует предварительного нагрева воздуха до температуры свыше 200 °С. Фотокаталіз разрушает вещества, которые проникают даже через фильтры на основе активированного угля. Рассмотрены особенности формирования оксидных покрытий плазменно-электролитическим оксидированием сплавов титана. Предложено дооборудовать конструкцию систем коллективной защиты на бронетехнике и стационарных объектов дополнительным установлением в фильтр-поглотитель сетки с нанесенным слоем каталитического материала, который будет нейтралізувати различные виды опасных химических веществ за счет фотокаталитической очистки воздуха.

Ключевые слова: фотокаталіз, фільтр поглотитель, оксид титана, опасные химические вещества, воздухоочиститель, каталитический материал, система коллективной защиты, плазменно-электролитическое оксидирование.

*А. V. GALAK, N. D. SAKHNENKO, M. V. VED, S. N. MENSHOV, A. P. KLIMOV***USE OF TITANIUM OXIDE FOR DISINFECTION OF DANGEROUS CHEMICAL SUBSTANCES BY PHOTOCATALIS**

TiO₂ coatings have high adhesion to the surface. Any surface applied with TiO₂ is easy to position for irradiation with light, in contrast to powders that need to be somehow placed and fixed on the surface. It has been proved that practically any organic compounds can be oxidized (mineralized) on the TiO₂ surface. In practice, any photocatalytic air purifier includes a porous carrier with TiO₂ deposited, which is irradiated with ultraviolet rays and through which the air is blown. Photocatalysis is suitable for household use, as it can occur at room temperature. For example, the thermocatalytic way of destroying harmful substances requires preheating of air to temperatures above 200 °C. Photocatalysis destroys substances that penetrate even through activated carbon-based filters. Peculiarities of formation of oxide coatings by plasma-electrolytic oxidation of titanium alloys are considered. Therefore, it is proposed to equip the design of collective defense systems on armored vehicles and stationary objects with the additional installation in a filter-sink of a network with a deposited layer of catalytic material that will neutralize various types of hazardous chemicals by photocatalytic purification of air by titanium oxides.

Keywords: photocatalysis, filter absorber, titanium oxide, hazardous chemicals, air cleaner, catalytic material, collective defense system, plasma electrolytic oxidation.

Вступ. Світова спільнота знає всю небезпеку, хімічної зброї. Протягом цілого століття людство, прагнучи запобігти небезпечним наслідком застосування хімічної зброї, вело активну боротьбу за її заборону. Проте, залишається чимало можливих джерел виникнення хімічної небезпеки. Це можуть бути терористичні акти, супутні або зумисні аварії на хімічних підприємствах, агресія з боку неконтрольованої світовою спільнотою держави тощо. Разом із тим небезпека неконтрольованого поширення і застосування хімічної зброї, усвідомлення того факту, що значні обсяги накопичених отруйних речовин самі по собі являють велику загрозу в силу труднощів забезпечення безпеки їх зберігання є актуальною проблемою

сьогодення [1]. Так, у вересні 2018 року через порушення технології на підприємстві «Кримський титан», було здійснено викид та хімічне забруднення території, а в подальшому розповсюдження забрудненої хмари на територію Херсонської області небезпечної хімічної речовини оксид сульфуру (VI) SO₃. У випадку вдихання та потрапляння на шкіру і слизові оболонки вона є небезпечною, в деяких випадках вдихання можливий летальний кінець, а при безпосередньому контакті із шкірою та очима викликає некротичні опіки.

© Галак О.В., Сахненко М.Д., Вєдь М.В., Мєньшов С.М.,

Клімов О.Р., 2018

Результат цієї екологічної катастрофи погіршив стан здоров'я людей та привів до загибелі врожаю на полях.

Руйнування потенційно-небезпечних об'єктів, які знаходяться в державі, може призвести до зараження значних територій, до зон зараження потраплять як цивільне населення, так і підрозділи, задіяні в Операції об'єднаних сил (далі – ООС). Внаслідок цього підрозділи можуть понести значні втрати особового складу, що вплине на боєздатність частин та підрозділів, залучених для виконання завдань в районі проведення ООС [2].

Існуючі фільтровентиляційні установки (агрегати) стаціонарні та на бронеоб'єктах, фільтруючі системи не захищають особовий склад від небезпечних хімічних речовин (далі – НХР) таких, як хлор, аміак, сірчаний ангідрид і т.п. Від ступеню захищеності особового складу залежить ефективність виконання завдань за призначенням, тому необхідно шукати підходи до вирішення окресленої проблеми.

Пріоритетним напрямком розвитку є покращення ефективності роботи фільтруючих систем за рахунок додаткового встановлення у фільтр-поглинач мережки з нанесеним шаром каталітичного матеріалу для знешкодження НХР і токсинів різної природи [3].

Викладання основного матеріалу досліджень.

Фотокаталітичні властивості діоксиду титану залежать від його морфології, кристалічної форми, розміру частинок, питомої поверхні. Найбільш відомі модифікації анатаз, рутил, брукіт і нова ета модифікація η -TiO₂ (η -TiO₂). Найбільший комерційний інтерес представляє діоксид титану анатазної кристалічної модифікації, на поверхні якого під впливом РФ випромінювання можуть бути окиснені до вуглекислого газу і води органічні сполуки різного складу, в тому числі отруйні речовини. За кордоном фотокаталітичні очищувачі повітря міцно увійшли в життя і побут громадян. Японія, США і Європа використовують фотокаталітичні очисники в кожному приміщенні, де необхідно очистити повітря від шкідливих органічних забруднювачів, бактерій і вірусів, цвілевих грибів. Це в першу чергу лікувальні установи для населення, дитячі та навчальні заклади, а також спортивні комплекси і житлові приміщення. Робота таких приладів заснована на фотокаталітичному окисненні органічних домішок і мікроорганізмів на поверхні пористого носія з впровадженням фотокаталізатором під впливом ультрафіолетового опромінювання.

Оксид титану при поглинанні кванта світла з енергією більше 3,2 eV (це світло з довжиною хвилі менше 390 нм - ультрафіолет) генерує вільні носії зарядів - негативні електрони і позитивні вакансії (дірки). Електрони і дірки, виходячи на поверхню TiO₂, вступають в окисно відновні реакції з киснем і парами води з повітря або водою.

В процесі цих реакцій утворюються сильні окисники, які безпосередньо і взаємодіють з різними органічними забрудненнями. Утворення такого роду частинок робить поверхню TiO₂ дуже сильним окиснювачем, що дозволяє розкласти шкідливі речовини шляхом їх фотокаталітичного окиснення до безпечних H₂O і CO₂ [4].

Слід зазначити, що оксид титану, який зустрічається в природі в різних модифікаціях (анатаз, рутил, брукіт) як правило, не є фотокаталізатором. Для отримання фотокаталітичних властивостей TiO₂ повинен бути синтезований в певних умовах і мати нанорозмірну структуру.

В роботі [5] вказувалось, що на поверхні TiO₂ можуть бути окиснені (мінералізовані) до CO₂ і H₂O практично будь-які органічні сполуки. Якщо до складу сполук входять азот або атоми галогену X, то в продуктах реакції будуть спостерігатися HNO₃ і HX, що змушує використовувати постфільтри з активованого вугілля. Єдиним відомим прикладом сполук, що не піддаються на поверхні TiO₂ окисненню під дією ультрафіолетових променів, є тетрахлорметан.

Мета роботи полягає в проведенні аналізу існуючих фотокаталітичних очищувачів, які використовувались для очищення повітря, і дослідженні каталітичного матеріалу для подальшого нанесення на сплави TiO₂. Це дозволить окреслити пропозиції щодо каталітичного матеріалу, який буде нанесено на мережку для подальшого її встановлення у фільтрувальні системи.

В роботі [6, 7] вивчений діоксид титану, як ефективний фотокаталізатор, що руйнує широкий спектр токсичних хімічних речовин. Як правило, фотокаталізатори на основі діоксиду титану виготовляється в формі порошків, що ускладнює їх широке практичне застосування в різних технологіях.

Таблиця 1 – Склад електролітів та режими формування покривів

Покриття	Оксидні покрови на сплавах титану
Концентрація компонентів, моль/дм ³	
K ₄ P ₂ O ₇	1,0
KMnO ₄	0,1–0,3
pH	9,0
t, °C	20–25
Режим обробки	
Густина струму, А/дм ²	1–5
Час обробки, хв	30–60
Напруга, В : іскріння процесу ПЕО	65 130–140

Вивчення особливостей формування оксидних покривів плазмово-електролітичним окисненням (ПЕО) сплавів алюмінію та титану в пірофосфатних електролітах за наявності солей перехідних металів проводились в роботі [8].

Для формування оксидних покриттів використовували прямокутні зразки сплавів VT1-0 та $K_{12}M_2MgH$ робочою площею 0,2–1,0 м². Підготовка поверхні включала операції механічної обробки (шліфування наждачним папером), знежирення та травлення у лужному розчині з каскадним промиванням теплою та холодною водою. Схема лабораторної установки включала електрохімічну ванну із примусовим перемішуванням та охолодженням електроліту, промислове джерело постійного струму Б5-50 та високоомний вольтметр для контролю напруги процесу оксидування. Склад електролітів та режими ПЕО наведено у табл. 1.

Вказано, що ПЕО сплаву VT1-0 в електролітах на сплавах титану перебігає без істотних ускладнень, тому його електрохімічну обробку можна здійснювати одностадійно за режимами згідно табл. 1. У зазначених манган вмісних електролітах на сплавах титану формується емалеподібна рівномірна поверхня, яка складається зі сфероїдальних зерен (рис. 1). Також за цих умов проявляється характерна для оксидів титану трубчаста мікропорувата структура.

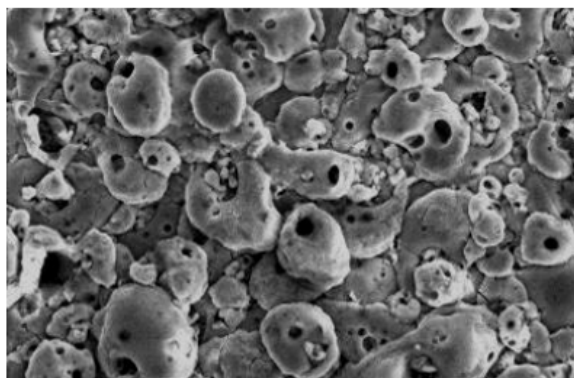


Рис. 1 – Морфологія поверхні та вміст допантів (кобальту, мангану) в сформованих оксидних покриттях на сплавах VT1-0

В роботі [9] для експерименту плазмово-електролітичного оксидування використовували пластину титану марки VT1-0 розміром 0,5 × 2,5 × 0,1 см. Зразки були механічно полірованими для видалення утворених дефектів під час різання металу. Після цього зразки хімічно полірували в суміші кислот $HF:HNO_3 = 1:3$ при температурі 60–80°C протягом 2–3 с, після чого промивали в дистильованій воді і сушили на повітрі.

Склянка об'ємом 1 л, виготовлена з термостійкого скла, використовувалась як електрохімічна комірка для ПЕО. Катод з нержавіючої сталі в формі котушки знаходився в середині судини. Перемішування електроліту здійснювалось за допомогою магнітної мішалки TER-63/460N. Після окиснення зразки промивали в дистильованій воді і просушували в повітрі.

Фазовий склад визначали методом рентгеноструктурного аналізу (XRD) з використанням дифрактометрії D8 ADVANCE (Німеччина) в $CuK\alpha$, де випромінювання проводилось за стандартною методикою. Ідентифікація сполук в досліджуваних зразках виконана в режимі автоматичного пошуку EVA з використанням бази даних PDF-2. Елементний склад поверхні покриття визначали методом рентгеноспектрального аналізу (XSA).

Таблиця 2 – Склад покриттів і ступені розкладання метиленового синього (X, %) у їх присутності

№з\п	Склад електроліту	X, %	Фазовий склад	Вміст елементів, %
1.	0,1 M Na_3PO_4	32	TiO ₂ (анатаз, рутильні сліди)	C 12,8; O 56,0; P 2,7; Ti 28,9
2.	0,1 M $Na_3PO_4 + 5ZnF_2$	11	TiO ₂ (анатаз)	C 13,1; O 59,6; Zn 2,3; P 4,0; Ti 20,6
3.	0,1 M $Na_3PO_4 + 5Zn(CH_3COO)_2$	25	TiO ₂ (анатаз)	O 70,1; Zn 1,7; P 5,8; Ti 22,3
4.	0,1 M H_2SO_4	17	TiO ₂ (анатаз, рутил)	O 66,1; S 0,3; Ti 33,6
5.	0,1 M $H_2SO_4 + 5Zn(CH_3COO)_2$	23	TiO ₂ (анатаз, рутил)	O 64,9; S 0,5; Ti 34,6
6.	$ZnSO_4$	19	TiO ₂ (анатаз, рутил)	C 3,0; O 61,3; N 3,3; Ti 32,5

Як джерело ультрафіолетового опромінення використовувалась ртутнокварцова лампа (DRT-125), яка була спрямована таким чином, щоб основна частина освітлення потрапляла на досліджувану поверхню. Зразок опромінювали УФ-світлом протягом 2 годин.

В роботі [10] запропоновано використовувати світлодіодну стрічку в так званому «трубчастому фотокаталітичному очищувачі повітря». У даній конструкції титану (IV) оксид наносять на внутрішню поверхню трубки однаково по всій її довжині, а найбільш технологічним є перетин у вигляді кола (рис. 2). При використанні як джерела ультрафіолетових променів газорозрядної лампи світильник (трубка з кварцового скла) розташовується по осі повітроочисника і рівномірно опромінює всю внутрішню поверхню, покриту шаром діоксиду титану. При розміщенні на стрічці окремих світлодіодів на деякій відстані один від одного виникали так звані «мертві зони», тобто ділянки внутрішньої поверхні трубчастого повітроочищувача, які одержують відносно малий потік УФ-променів. Питання можна було вирішити за рахунок розміщення світлодіодів на меншій відстані, або заміні на лампи розжарювання, які є

спрямованими і випромінюють світло, а також без додаткового фокусування і екранування.

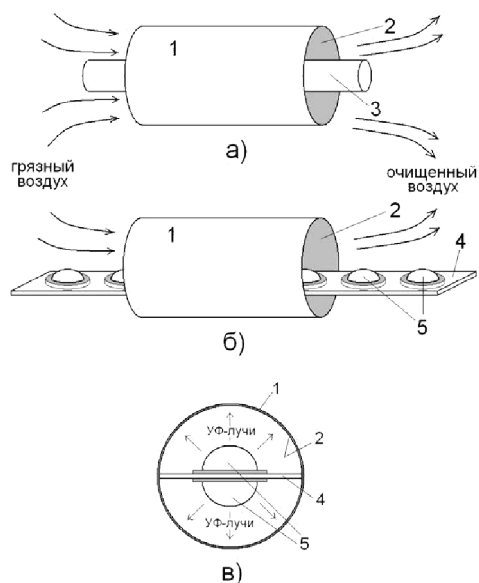


Рис. 2 – Трубчастий фотокаталітичний очисник повітря: а – з газорозрядна лампа; б – одностороння світлодіодна стрічка; в – двостороння світлодіодною стрічкою: 1 – корпус повітроочисника; 2 – внутрішня поверхня корпусу, покрита шаром TiO_2 ; 3 – газорозрядна лампа; 4 – світлодіодна стрічка; 5 – окремі світлодіоди

При виготовленні фотокаталітичного повітроочисувача зі світлодіодною стрічкою однією із проблем було збільшення так званого “корисного опромінення”, що характеризує кількість ультрафіолетових променів від окремого світлодіода, яке досягає опромінюваної ділянки. Ця частина потоку УФ-променів, що ефективно направляється на робочу поверхню без урахування втрат випромінювання. В даному випадку робочою поверхнею є внутрішня поверхня порожнистої трубки, покрита шаром діоксиду титану.

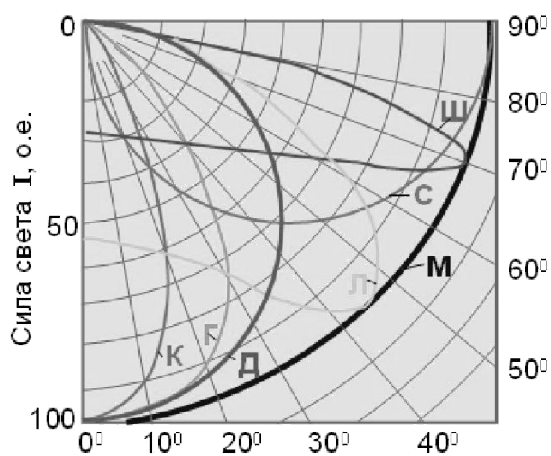


Рис. 3 – Сім типів кривої сили світла

Більшість світлодіодів та світлодіодних світильників займає проміжне положення між цими двома типами опромінювачів.

Втрати випромінювання можуть виникати з трьох причин:

- УФ-промені частково загороджуються або розсіюються корпусом окремого світлодіода;
- УФ-промені випромінюються в неправильному напрямку через невірну орієнтації світлодіодів;
- потік випромінювання послаблюється через забруднення або запилення світловипромінюючої поверхні світлодіода [11].

Під кривою сили світла рис. 3 розуміють графік залежності сили світла окремого світлодіода від меридіональних і екваторіальних кутів, які одержані перетином його фотометричного тіла площиною. Отже, КСС описує як саме вихідне світло розподіляється в просторі.

Таблиця 3 – Типи кривих сили світла [12]

Позначення	Найменування	Зона напрямків максимальної сили світла
К	Концентрована	0...15°
Г	Глибока	0...30°; 180...150°
Д	Косинусна	0...35°; 180...145°
Л	Напівширока	35...55°; 145...125°
Ш	Широка	55...85°; 125...95°
М	Рівномірна	0...180°
С	Синусна	70...90°; 110...90°

Чим ширше поперечний розподіл світлового потоку, тим сильніше він буде розсіюватися.

За результатами аналізу наведеного матеріалу можна дійти висновку, що не існує таких типів фільтрів, які захищають від всіх типів ХНР. Тому потрібно сформулювати вимоги до систем колективного захисту як на бронетехніці, так і стаціонарних, які будуть захищати від НХР.

У роботі [13, 14] вказується, що в системах колективного захисту без істотних конструкційних змін та суттєвих матеріальних витрат можливо підвищити експлуатаційні характеристики за рахунок додаткового встановлення у фільтр-поглинач мережки з нанесеним шаром каталітичного матеріалу. Це дасть можливість знешкоджувати (розкласти) токсини різної природи за високих показників працездатності в широкому інтервалі температур та корозійної тривкості.

На рис. 4. показано удосконалення фільтр-поглинача на бронетехніці в яку встановлено мережку з нанесеним шаром каталітичного матеріалу з потраплянням УФ-променів на її частину поверхні.

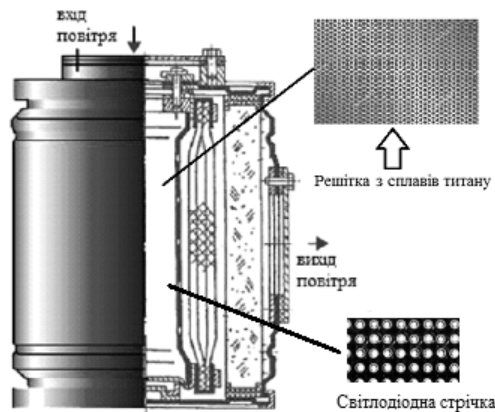


Рис. 4 – Схема удосконалення фільтра-поглиначя на бронетехніці

Для формування такого каталітичного покриття доцільно застосовувати метод плазмового електролітичного оксидування, який також називають мікродуговим або анодноіскровим окисненням, дозволяє забезпечити високу адгезію оксидних покриттів до підкладки, діелектричні, захисні, каталітичні, антифрикційні, та інші властивості [15–17]. Відмінною особливістю методу ПЕО є можливість формування конверсійних шарів, які включають як оксиди основного металу, так і компоненти електроліту або продукти їх електрохімічних і термохімічних перетворень. Хімічний склад покриттів, утворених ПЕО, визначається характером металу, що окиснюється, параметрами процесу і природою компонентів електроліту, так що управління складом анодних шарів може значно поліпшити їх фізичні та хімічні властивості [15, 18]

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

За результатами проведеного аналізу встановлено, що очищення небезпечних хімічних речовин фотокаталізом є перспективним питанням для захисту особового складу. Для вдосконалення існуючих систем колективного захисту потрібно розробити установку, де передбачити потрапляння УФ-променів на частину поверхні мережки. Одним із наступних завдань наукових досліджень є визначення вимог до системи:

- тип ультрафіолетового джерела, що здійснить безперебійне потрапляння ультрафіолетового випромінювання, яке піддається вібрації, різним прискоренням і ударам;
- правильне розміщення джерела ультрафіолетового випромінювання для зменшення «мертвих зон»;
- максимальний ступінь отримання корисного опромінення, а саме кількість ультрафіолетових променів від окремого джерела, яке досягає опроміненої ділянки.

Вибір каталітичного матеріалу для подальшого нанесення на сплави TiO_2 методом плазмово-електролітичне оксидування, а саме: створення нових нетоксичних електролітів і оптимізації режимів формування конверсійних по-кривів.

Список літератури:

1. Казмірчук Р. В. Джерела та фактори виникнення небезпечної екологічної обстановки в зоні територіальної оборони. сили та засоби виявлення та оцінки / Р. В. Казмірчук, В. В. Ларіонов, В. В. Ільченко // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. 2010. – Вип. 1, – с. 145–153.
2. Галак О. В. Пропозиції щодо подальшого вдосконалення засобів колективного захисту за досвідом антитерористичної операції / О. В. Галак, Г. В. Каракуркчі, М. Д. Сахненко, М. В. Ведь // Збірник наукових праць Військової академії Одеса. 2017. – № 2 (8), – с. 15–19.
3. Галак О. В. Методи очищення газових викидів від небезпечних хімічних речовин для підвищення ефективності фільтрувальних систем / О. В. Галак, М. Д. Сахненко, Г. В. Каракуркчі, О. В. Матикін, І. О. Белоусов, О. В. Косарев // Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. 2018. – № 18 (1294), – с. 89–93.
4. Галак О. В. Сучасні технології нейтралізації хімічно-небезпечних речовин / О. В. Галак, М. Д. Сахненко, Г. В. Каракуркчі, О. С. Брянкін, І. О. Белоусов // Системи озброєння та військова техніка. – Харків: ХНУПС. 2018. – 2 (54), – с. 106–114.
5. Агафонов А. В. Фотокаталитическая активность нанопорошков диоксида титана, полученных золь-гель методом при различных значениях pH / А. В. Агафонов, А. А. Редозубов, В. В. Козик, А. С. Краев // Журнал неорганической химии. 2015. – 60, № 8, – с. 1001–1008.
6. Chen Xiaobo Chem. Rev / Xiaobo Chen, Mao S. S. // The University of California. 2007, vol. 107. – p. 2891.
7. Hashimoto K. TiO_2 Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects / K. Hashimoto, H. Irie, A. Fujishima // Japanese Journal of Applied Physics. 2005. – Vol. 44, No. 12, – pp. 8269–8285. doi: 10.1143/JJAP.44.8269.
8. Сахненко М. Д. Особливості одержання металоксидних каталітичних систем плазмово-електролітичним оксидуванням алюмінію та титану в профосфатних електролітах / М. Д. Сахненко, М. В. Ведь, Г. В. Каракуркчі, А. С. Горохівський, О. В. Галак // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Хімія, хімічні технології та екологія. 2016. – № 22 (1194), – с. 171–176.
9. Vasilyeva M. S. Photocatalytic Properties of Zn- and Cd-Containing Oxide Layers on Titanium Formed by Plasma Electrolytic Oxidation / M. S. Vasilyeva, V. S. Rudnev, D. A. Tarabrina // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2017, Vol. 53, No. 4. pp. 711–715.
10. Зайнишев А. В. Применение ультрафиолетовых светодиодов в фотокаталитических воздухоочистителях для очистки воздуха кабин мобильных машин / А. В. Зайнишев, Г. А. Полушин // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2012. – Выпуск № 6 (46). – (<http://ipb.mos.ru/ttb>).
11. Абрамов В. С. Особенности конструирования мощных белых светодиодов / В. С. Абрамов, С. Г. Никифоров, В. П. Сушков, А. В. Шнишов // Светодиоды и лазеры. 2003. – № 1, – с. 2–19.
12. ГОСТ 17677-82 (1989). Светильники. Общие технические условия.
13. Галак О. В. Фільтровентиляційні установки сучасності на бронеоб'єктах типу Т-64 / О. В. Галак, Г. В. Каракуркчі, Ю. Ю. Кошкарів // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2017, – № 1 (50), – с. 147–150.
14. Галак О. В. Фільтровентиляційні установки (агрегати) стаціонарні та на бронеоб'єктах / О. В. Галак, Г. В. Каракуркчі, Я. В. Грибнюк // Системи озброєння і військової техніки. 2016, – № 4 (48), – с. 5–9.
15. Ведь М. В. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей: монографія / М. В. Ведь, М. Д. Сахненко. – Харків: Новое слово, 2010, – 272 с.
16. Ved' M. V. The Manganese and Cobalt oxides formation on Aluminum alloys / M. V. Ved', N. D. Sakhnenko // Korroziya: materialy, zaschita. 2007, – № 10, – pp. 36–40.

17. *Bykanova V. V.* Synthesis and photocatalytic activity of coatings based on the TixZryOz system / *V. V. Bykanova, N. D. Sakhnenko, M. V. Ved' // Surface Engineering and Applied Electrochemistry.* 2015. – Vol. 51, № 3, – p. 276–282. DOI: 10.3103/S1068375515030047.
18. *Ved' M. V.* Modeling of the surface treatment of passive metals / *M. V. Ved', M. D. Sakhnenko, O. V. Bohoyavlens'ka, T. O. Nenastina // Materials Science.* 2008. – Vol. 44, № 1, – p. 79–86. DOI: 10.1007/s11003-008-9046-6.
- References (transliterated)**
1. *Kazmirchuk R. V.* Dzhherela ta faktory vynyknennia nebezpechnoi ekolohichnoi obstanovky v zoni terytorialnoi oborony. syly ta zasoby vyavleniia ta otsinky / *R. V. Kazmirchuk, V. V. Larionov, V. V. Ilchenko // Tekhnoheno-ekolohichna bezpeka ta tsyvilnyi zakhyst.* 2010. – Vyp. 1, – pp. 145–153.
2. *Halak O. V.* Propozytii shchodo podalshoho vdoskonalennia zasobiv kolektyvnoho zakhystu za dosvidom antyterorystychnoi operatsii / *O. V. Halak, H. V. Karakurkchi, M. D. Sakhnenko, M. V. Ved' // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoi akademii Odesa.* 2017. – № 2 (8), – pp. 15–19.
3. *Halak O. V.* Metody ochy'shennia gazovy'x vy'ky'div vid nebezpechny'x khimichny'x rechovy'n dlya pidvy'shennia efekty'vnosti fil'truval'ny'x sy'stem / *O. V. Halak, M. D. Saxnenko, G. V. Karakurkchi, O. V. Maty'kin, I. O. Belousov, O. V. Kosarev // Visnyk Nacional'nogo Texnichnogo Universy'tetu «KhPI».* Seriya: Innovacijni doslidzhennia u naukovy'x robotax studentiv, 2018. № 18 (1294), – pp. 89–93.
4. *Halak O. V.* Suchasni tekhnologii nejtralizatsiyi khimichno-nebezpechny'x rechovy'n / *O. V. Halak, M. D. Saxnenko, G. V. Karakurkchi, O. S. Bryankin, I. O. Belousov // Sy'stemy' ozbroynennia ta vijs'kova tekhnika.* – Kharkiv: XNUPS. 2018. – 2 (54), – pp. 106–114.
5. *Agafonov A. V.* Fotokataliticheskaia aktivnost' nanoporoshkov dioksida titana, poluchennykh zol'-gel' metodom pri razlichnykh znachenijah PN / *A. V. Agafonov, A. A. Redozubov, V. V. Kozik, A. S. Kraev // Zhurnal neorganicheskoi khimii.* 2015. – 60, № 8, – pp. 1001–1008.
6. *Chen Xiaobo* Chem. Rev / Xiaobo Chen, Mao S.S. // The University of California. 2007. vol. 107, – p. 2891.
7. *Hashimoto K.* TiO₂ Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects / *K. Hashimoto, H. Irie, A. Fujishima // Japanese Journal of Applied Physics.* 2005. – Vol. 44, No. 12. – pp. 8269–8285. DOI: 10.1143/JJAP.44.8269.
8. *Sakhnenko, M.D.* Osoblyvosti oderzhannia metaloksyd-nykh katalitychnykh system plazmovo-elektrolitychnym oksyduvanniam aliuminiu ta tytanu v pirofosfatnykh elektro-litakh /
- M. D. Sakhnenko, M. V. Ved', H. V. Karakurkchi, A. S. Horokhivskiy, A. V. Halak // Visnyk NTU «KhPI».* Seriya: Khimii, khimichni tekhnologii ta ekolohii. 2016. – vol. No. 22 (1194), – pp. 171–176.
9. *Vasilyeva M. S.* Photocatalytic Properties of Zn- and Cd- Containing Oxide Layers on Titanium Formed by Plasma Electrolytic Oxidation / *M. S. Vasilyeva, V. S. Rudnev, D. A. Tarabrina // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces,* 2017, Vol. 53, No. 4, pp. 711–715.
10. *Zajnishev A. V.* Primenenie ul'traioletovykh svetodiodov v fotokataliticheskikh vozduhoочистител'ях дл'я ochistki vozduha kabin mobil'nykh mashin / *A. V. Zajnishev, G. A. Polunin // Internetzhurnal «Tekhnologii tehnosfernoj bezopasnosti».* 2012. – Vypusk № 6 (46). – (http://ipb.mos.ru/ttb).
11. *Abramov V. S.* Osobennosti konstruirovaniia moshhnykh belykh svetodiodov / *V. S. Abramov, S. G. Nikiforov, V. P. Sushkov, A. V. Shishov // Svetodiody i lazery,* 2003, № 1, pp. 2–19.
12. GOST 17677-82 (1989). Svetil'niki. Obshhie tehicheskie usloviia.
13. *Halak O. V.* Fil'troventylyatsiyni ustanovky suchasnosti na broneob'yekakh typu T-64 / *O. V. Halak, H. V. Karakurkchi, Yu. Yu. Koshkarov // Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs' koho natsional' noho universy'tetu Povitryanykh Syl.* 2017. – № 1 (50), – pp. 147–150.
14. *Halak O. V.* Fil'troventylyatsiyni ustanovky (ahrehaty) statsionarni ta na broneob'yektakh / *O. V. Halak, H. V. Karakurkchi, Ya. V. Hrybnyuk // Systemy ozbroynennia i viys'kovoyi tekhniki.* – 2016. – № 4 (48), – pp. 5–9.
15. *Ved' M. V.* Katalitychni ta zakhysni pokrytyia splavamy i skladnymy oksydamy: elektrokhimichnyy syntezy, prohnozuvannya vlastyivostey: monografiya / *M. V. Ved', M. D. Sakhnenko // Kharkiv, Novoe slovo Publ.* 2010, – 272 p.
16. *Ved' M. V.* The Manganese and Cobalt oxides formation on Aluminum alloys / *M. V. Ved', N. D. Sakhnenko // Korroziya: materialy, zaschita.* 2007, no. 10, – pp. 36–40.
17. *Bykanova V. V.* Synthesis and photocatalytic activity of coatings based on the TixZryOz system / *V. V. Bykanova, N. D. Sakhnenko, M. V. Ved' // Surface Engineering and Applied Electrochemistry.* 2015. – vol. 51, no. 3, – pp. 276–282. DOI: 10.3103/S1068375515030047.
18. *Ved' M. V.* Modeling of the surface treatment of passive metals / *M. V. Ved', M. D. Sakhnenko, O. V. Bohoyavlens'ka, T. O. Nenastina // Materials Science.* 2008, vol. 44, no. 1, pp. 79–86. DOI: 10.1007/s11003-008-9046-6.

Поступила (received) 05.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Галак Олександр Валентинович (Галак Александр Валентинович, Galak Alexander) – кандидат технічних наук, Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», начальник кафедри радіаційного хімічного біологічного захисту факультету радіаційного хімічного біологічного захисту та екологічної безпеки, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2590-9291>, e-mail: galak79@gmail.com.

Сахненко Микола Дмитрович (Сахненко Николай Дмитриевич, Sakhnenko Nikolay) – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри фізичної хімії, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5525-9525>, e-mail: sakhnenko@kpi.kharkov.ua.

Ведь Марина Віталіївна (Ведь Марина Виталиевна, Ved Maryna) – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри загальної та неорганічної хімії, Харків, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5719-6284>, e-mail: vmv@kpi.kharkov.ua.

Меньшов Сергій Миколайович (Меньшов Сергей Николаевич, Menshov Sergey) – Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри радіаційного хімічного біологічного захисту факультету радіаційного хімічного біологічного захисту та екологічної безпеки, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1854-2794>, e-mail: menshov2277@gmail.com.

Клімов Олексій Петрович (Климов Алексей Петрович, Klimov Alexej) – Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри бронетанкового озброєння та військової техніки факультету озброєння та військової техніки, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0727-2976>, e-mail: klimovaleksej800@gmail.com.

UDC 37.018.43:347.77(485)

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.04

*S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, O. I. KOMAROVA, L. V. BABASH***INTELLECTUAL PROPERTY PROTECTION IN DISTANCE EDUCATION SYSTEM**

Main aspects of intellectual property protection in the implementation of distance learning are studied. The relevance based on the need of implementation distance learning and the use of the opportunities offered by e-learning. The problem of the protection intellectual property in distance education. It is determined that technical means should provide a program of students' work on the content of the educational material (program of its learning process), a combination of training and education functions, strengthening the control and self-control of the process and its results of the process of learning knowledge, assistance in implementing the ideas of differential and problem learning.

Keywords: distance education; e-learning; information and communication technology training; adult life long education; intellectual property.

*С. І. БУХКАЛО, А. О. АГЕЙЧЕВА, О. І. КОМАРОВА, Л. В. БАБАШ***ЗАХИСТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ В СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ**

В роботі розглядаються головні аспекти захисту інтелектуальної власності при впровадженні дистанційного навчання. Актуальність роботи зумовлена необхідністю впровадження дистанційного навчання та використанням можливостей, які дає електронне навчання. Досліджено проблему необхідності захисту інтелектуальної власності в системі дистанційної освіти. Визначено, що технічними засобами має бути передбачена програма роботи студентів за змістом навчального матеріалу (програма його навчального процесу), поєднання функцій навчання та освіти, посилення контролю та самоконтролю процесу та його результатів процесу вивчення знань, допомоги у реалізації ідей диференційованого та проблемного навчання.

Ключові слова: дистанційна освіта; електронне навчання; інформаційно-комунікативні технології навчання; безперервна освіта дорослих; інтелектуальна власність.

*С. И. БУХКАЛО, А. О. АГЕЙЧЕВА, О. И. КОМАРОВА, Л. В. БАБАШ***ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

В работе рассматриваются основные аспекты защиты интеллектуальной собственности при внедрении дистанционного обучения. Актуальность работы обусловлена необходимостью внедрения дистанционного обучения и использованием возможностей, которые дает электронное обучение. Исследована проблема необходимости защиты интеллектуальной собственности в системе дистанционного образования. Установлено, что технические средства должны обеспечивать программу работы студентов по содержанию учебного материала (программа его учебного процесса), сочетание функций обучения и образования, укрепление контроля и самоконтроля процесса и его результатов процесса обучения знаниям, помощи в реализации идей дифференциального и проблемного обучения.

Ключевые слова: дистанционное образование; электронное обучение; информационно-коммуникативные технологии обучения; непрерывное образование взрослых; интеллектуальная собственность.

Introduction. The main factors in the organization of student training, for example, in complex innovative projects, are the updating of their components intellectual property objects and distance education [1–5]. It does not exclude the creation and constant updating of electronic courses of intellectual property in the system of distance education, the development of didactic fundamentals of distance learning, tutors training.

Teachers are assigned functions such as coordinating the cognitive process; correction of courses both basic and related; counseling in the preparation of an individual curriculum, management of educational projects, etc. At the initial stage, the teacher manages mutual assistance learning groups, assists students in their professional self-determination and development, for example, to identify literature on selected objects of intellectual property for integrated technologies [7–13].

Problem research. The main principles of constructing distance learning in an educational institution are the unified methodological basis, the decentralization of the creation and management

of distance education, the most favored mode, the complexity, accessibility, modularity.

Distance learning is also based on some important principles: the principle of interactivity [1–4], the principle of starting knowledge [5–8], the principle of individualization [11], the principle of identification [9, 10, 12, 13], the principle of regulatory training, the principle of pedagogical feasibility using new information technologies.

Distance learning has many advantages both social and economic. As in the case of corporate learning, economics is a major driving force, since it easily determines economies and economic justification. Distant education also has many benefits to society, although they are more difficult to quantify. Despite the huge number of educational institutions in the world, the demand for the educational services market is still higher than the supply. Distance education creates equal opportunities for those who wish to study, improve their qualifications, undergo retraining and find work.

© S.I. Bukhkalov, A.O. Ageicheva, O.I. Komarova, L.V. Babash, 2018

This system enables to get higher education in parallel with the basic human activities, expands the ability to study abroad, obtaining degrees recognized by the international educational community.

Distant education provides a wider perspective in choosing a higher education. The basis of the educational process in distance learning is focused and controlled intensive independent work of the student, who learns on an individual schedule in a convenient for him tempo.

Of course, the level of education and access to education through communication technology varies depending on the economic development of a single country.

Systematization and analysis of existing workshops and methods for ensuring the quality of distance learning provide the necessary basis for scientific advancements.

Statement of the problem in general and its connection with important scientific or practical tasks.

The study of current IP policy in research universities in relation to online distance learning materials is a very important aspect of the research. The dissemination of distance learning convinces teachers, administrators and institutions that institutional policies must protect and maintain an environment that encourages creativity, productivity, and academic freedom. It provides the foundation for analyzing, criticizing and further developing consistent copyright and intellectual property rights associated with distance learning materials.

Investigation of the security of information resources of this study represents a great scientific and

applied interest. In the implementation of the distance learning system, there are problems with the protection of the intellectual property of the training courses, control of student knowledge, and confirmation of the authority of the remote client.

With the development of information technology, more and more attention is paid to research in the field of distance learning [14–16]. The above problems are caused by large losses from the leakage of information provided by the authors of the training courses, the loss of credibility in the control and accounting positions, as well as the ability to substitute the results of distance learning by students. The security of information in the system of distance learning affects many aspects of functioning, often being the main factor in its existence and development. To successfully solve the above problems, it is necessary to determine the necessary and sufficient level of protection of information resources. As the criteria for the necessity and security measure adequacy, criticism, value of information resources of the distance education system, and, accordingly, actual tasks are the development of methods for assessing the value, criticality and security of information resources of the distance learning system.

An important factor in the development of intellectual property in the system of distance education is to determine the levels of legal protection for them. For example, the levels of legal protection (Table 1) the objects of intellectual (industrial, technical and technological) property can be defined as: individual private, production service, state and transnational.

Table 1 Intellectual property objects legal protection levels

Individual private	Production service	State	Transnational
Own publications	Production standards	License	Foreign patent
Models	Specifications of the enterprise	State patents	Conventions
Certificates of activity type	Technical documentation	Laws	Transnational Contracts
Certificates of quality	Corporate publications	Standard Acts	Others
Work of authorship	Agreement, contract	Contracts	
Others	State standards	Certificates of quality	

It should be noted the following possibilities of classification and identification of intellectual property for students' competence innovative innovations at higher educational institutions:

1) The basis of copyright is the concept to determine the original result of creative activity, available in some form of objective;

2) Compatible rights are a group of exclusive rights, formed on the basis of a model of copyright for types of activities that are not sufficiently creative to disseminate their results to copyright;

3) Patent law is the order of inventions, utility models, industrial designs and breeding achievements protection through the issuance of patents;

4) The rights to individualization mean a group of objects of intellectual property, the rights which unite into one legal institution the protection of marketing indications: trademarks, trade names, the name of the place and origin of goods;

5) The right to production secrets (know-how) is information of any nature, for example, original technology or technical solutions, knowledge, skills and others that are protected by the regime of commercial secrets and may be the subject of sale or used to achieve a competitive advantages over other subjects of entrepreneurial activity;

6) Protection of new varieties is a system of legal norms governing the copyright for new varieties of plants brought out by breeders.

Researchers argue that the transfer of copyrighted material is illegal, even if there was no personal benefit to the seller [17].

Studying current policies in the field of intellectual property at universities in relation to online materials is a very important aspect of the study. The dissemination of distance learning convinces teachers, administrators and institutions that institutional policies must protect and maintain an environment that encourages creativity,

productivity, and academic freedom. It provides the foundation for analyzing, criticizing and further developing consistent copyright and intellectual property rights associated with distance learning materials.

Main research material statement.

The number of online courses is increasing in higher education institutions. The increasing use of online courses raises issues of ownership of course materials and increases the tension between teachers and universities regarding the rights and responsibilities associated with online courses. Electronic means are protected from piracy, but this does not apply to information that is posted on the Internet. After all, this information, especially concerning science, education, refers to intellectual property. At present, the vast majority of distance learning courses are closed, only demo versions are shown, for which it is sometimes impossible to judge their quality. Open courses, articles, and books are explicitly used without any references. There is no quick solution to this problem, but it is necessary to solve it, because the distribution of educational and educational information in the world's network space, the quality of the educational products being created and used is directly dependent on it. These problems are mainly related to the pedagogical side of distance learning. Of course, there are other issues related, for example, with the need for a systematic upgrade of the hardware park, software, respectively, consistently improving the level of proficiency in the user's personal computer teachers. A typical justification for such an approach, the use of intellectual property means that teachers are not authors of works created with the resources of the university.

With the introduction of distance learning through digital delivery facilities such as training, e-mail and other Internet technologies, intellectual property rights violations have spread.

As soon as copyrighted material is recorded in a material format such as a manuscript or electronic file, it automatically becomes protected. Nevertheless, registration with the Copyright Registration Office provides additional protection in case of violation and is often in the interests of the author, if the violation becomes a problem. Copyrighted works may be reproduced, adapted for the creation of derivative works, distributed and executed by other authors. The latter may also transfer rights to others. If copyrighted material is reproduced without the consent of the owner, the offender may be held responsible for copyright infringement. Such an example of copyright infringement is the use of software and multimedia materials. Materials such as ideas, facts, and discoveries are not covered by copyright, since they are not recorded in material form.

If there is no written agreement granting the right of ownership to a teacher, then upon dismissal, the property rights may remain with the employer. Under the terms of employment, the right of ownership moves from the original owner to the employer, which in turn changes the term of the copyright from 50 years in the case of

individual ownership for 75 years with the organizational rights of ownership. This corresponds to a change in defense that the university's policy defines them as traditional scholarly work [18].

Intellectual property issues relating to software and other electronic materials are more complex with the increasing number of online courses and programs at the universities and the increasing use of technology faculty to administer their courses. It should be borne in mind that in the past, traditional scholarly work was not the main source of income for the university. The emergence and development of digital formats, such as courses and programs, may affect the right of universities to define traditional scholarly work by future policy of educational institutions [19].

As part of distance learning, some institutions and teachers solve the problem of authorship of digital personal materials. One problem is that the materials advanced digital course content often use a significant amount of organizational resources such as design, location on the server management and maintenance, specialized software and other costs associated with infrastructure.

Teachers spend a lot of time and effort and want to be recognized accordingly to help finance and develop their future research and publications.

One element that complicates the process is that materials developed by instructors with institutional resources can be easily transmitted through the media and quickly disseminated among large audiences.

Undoubtedly, online learning will in no way be a substitute for traditional teaching. It is unable to create a student atmosphere and to replace communication with a living teacher. With the help of distance education, residents of small cities have the opportunity to pass and successfully complete the courses of metropolitan universities and academies. With the help of distance learning, it is possible to strike a balance between the public demand for education and its offer.

All educational institutions that use information and communication technologies are in fact out of the legal field. It should be noted that today for the development of the system of distance education practically there is no regulatory and legal basis.

In higher educational institutions and other organizations, electronic textbooks and libraries of them, information and educational environments are gradually being created, but there are no legal bases for the use of these materials placed on the network. For the effective work of educational institutions using remote learning technologies, coordination of their activities is necessary, as well as the creation of a relevant regulatory framework and the provision of distance learning for official status.

The regulatory framework of distance education should be formed in the form of a package of national acts on the organization of legal regulation of relations between objects and subjects in the field of distance education, taking into account the uniform requirements defined by the Ministry of Education and Science.

The following principles should be based: accounting of constitutional norms, openness and availability of information, protection of intellectual property rights, information security, coherence of norms with acts of other branches of legislation, as well as with international law. If the distance education system has a regulatory framework, it will become one of the official forms of education. It is determined that technical means should provide a program of students' work on the content of the educational material (program of its learning process), a combination of training and education functions, strengthening the control and self-control of the process and its results of the process of learning knowledge, assistance in implementing the ideas of differential and problem learning. However, it should be noted that today, speaking about distance education and solving the problems of its introduction into practice, leading Swedish scientists pay much attention to the main aspects of information exchange as a basis of advanced education, oriented to the existence of a person in the information society [20].

Educational process in distance learning is focused and controlled intensive independent work of the student, who learns on an individual schedule in a convenient for him tempo. Intellectual property is a term that encompasses many different forms of creative work. It includes the primary fields of copyright, patent, and trademark law, as well as incorporating trade secrets, unfair competition, and other subspecialties of the law. Generally, intellectual property covers the principle rights governing the ownership and disposition of an individual's creativity.

Conclusions and prospects for further research into the problem. The priority of the development of education is the introduction of modern information and communication technologies, which provide improvement of the educational process, accessibility

and efficiency of education, preparation of the young generation for life in the information society.

Possibility of distance learning is the ability to most adequately and flexibly respond to the educational needs of society and ensure the implementation of the constitutional right to education of every citizen of the country. That is why the concept seeks to complete distance learning. Prospects for further study may be related to study characteristics of distance education, comparing domestic and foreign distance learning technologies, development of new forms and methods of distance education. At this stage of development distance education is heavily in the education sector, due to the many benefits of this educational system. Moreover, some experts believe such education is the most effective form of training persons, regardless of their age. Based on modern media learning tools in conjunction with the information and communication technologies and modern methodological support allow to master the training activities, creating the conditions for independent mastering academic subjects. Distance learning is characterized by high professionalism, desire for cooperation, and self-development, which is essentially the result of the use of computer-based training and modern means of communication.

Overall, the hardware must provide a program for students over the content of the training material (program process of its assimilation), combining the functions of training and education, enhance the ability to control and self-control over the process and the results of the process of learning, to assist in the implementation of the ideas of differential and problem-based learning. Also characteristic of the education is the presence of a significant number of publicly funded further education, courses retraining, adult schools and educational groups.

Список литературы

1. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей ХХVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16–18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола С.І. Х.: НТУ «ХП». 205 с.
2. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей ХХVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16–18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола С.І. Х.: НТУ «ХП». 206 с.
3. Агейчева А.О., Комарова О.І., Бухкало С.І. Деякі проблеми науково-технічного перекладу для інноваційних проєктів студентів. ХХV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17–19 мая 2017. Х.: НТУ «ХП». Ч. III, с. 16.
4. Агейчева А.О., Бухкало С.І. Деякі особливості розвитку дистанційної освіти Швеції. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2013. Вип. 55. С. 162–168.
5. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП». 2014. № 16. С. 3–11.
6. Бухкало С.І., Білоус О.В., Демідов І.М. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №1/6(73), (2015), с. 22–26. Харьков : «Технологический центр».
7. L. Tovazhnyansky, V. Meshalkin, P. Kapustenko, S. Bukhhalo. Energy efficiency of complex technologies of phosphogypsum conversion. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. Vol. 47, №. 3, (2013), pp. 225–230.
8. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, Vol. 70, (2018), pp. 2047–2052.
9. Бухкало С.І. Деякі моделі процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену // Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП». 2017. № 18 (1240). С. 35–45.
10. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-модифікації вторинних полімерів // Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП». 2018. № 18 (1294). С. 36–44.
11. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості (прикладні та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2 [ТЕКСТ], підручник з грифом МОНУ. – Київ: Центр учбової літератури, 2018, 108 с.
12. 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.
13. Бухкало С.И. Математическое моделирование процессов ресурсо- и энергосбережения для полиэтиленовых отходов / Бухкало С.И., Кукленко Д.В., Борхович А.А. и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2010. – № 32, – с. 117–122.

14. Swedish Agency for Networks and Cooperation in Higher Education [Електронний ресурс] // Frequently asked questions – FAQ. Retrieved June 7, 2008. – Режим доступу : <http://english.netuniversity.se/page/4888/faq.htm>
15. Swedish National Agency for Higher Education [Ел. ресурс] Kartläggning av distansverksamheten vid universitet och högskolor. årsrapporter av ett regeringsuppdrag, 2010. – Режим доступу : www.hsv.se.
16. Tait, A. What are open universities for? In *Open Learning / A. Tait // The Journal of Open and Distance Learning*. 2008. – №. 23 (2), pp. 85–93.
17. The Bologna Process Website [Ел. ресурс]. – Retrieved on June 8, 2012. – Режим доступу : http://ec.europa.eu/education/policies/educ/bologna/bologna_en.html
18. Swedish patent and registration office [Електронний ресурс]-режим доступу: prv.se/programs and distance courses.
19. Rovai, A.P. Why some distance education programs fail while others succeed in a global environment / A. P. Rovai, J. R. Downey // *Internet and Higher Education*. 2010. – №. 13, pp. 141–147.
20. Rennie, F. Re-Thinking Sustainable Education Systems in Iceland: The Net-University Project / F. Rennie, S. Jóhannesdóttir, S. Kristinsdóttir // *International Review of Research in Open and Distance Learning*. 2011. – №. 12 (4), pp. 88–104.
- 7 L. Tovazhnyansky, V. Meshalkin, P. Kapustenko, S. Bukhhalo. Energy efficiency of complex technologies of phosphogypsum conversion. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2013, Vol. 47, No. 3, pp. 225–230.
- 8 S. Bukhhalo, J. Klemeš, L. Tovazhnyansky, O. Arsenyeva, P. Kapustenko, O. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 2018, Vol.70, pp. 2047–2052.
- 9 S. Bukhhalo. Dejaki modeli procesiv himichnogo spinjuvanja vtorinnogo polietilenu // *Visnik NTU «KhPI»*. Kharkiv : NTU «KhPI». 2017, No. 18 (1240), pp. 35–45.
- 10 S. Bukhhalo. Sinergetichni modeli dlja ekologichnobebezpechnih procesiv identifikacii-modifikacii vtorinnih polimeriv // *Visnik NTU «KhPI»*. Kharkiv : NTU «KhPI». 2018, No. 18 (1294). pp. 36–44.
- 11 S. Bukhhalo. *Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti: testovi zavdannja (priklyadi ta testi)*. 2-ge vid. dop.: ch. 2 [tekst], pidruchnik z grifom MONU, Kiiv: Centr uchbovoї literaturi, 2018. 108 p.
- 12 S. Bukhhalo, S. Iglin. Dejaki modeli doslidzhennja strukturmohimichnih zmin pri eksploatacii polimernih virobiv. *Integrovani tehnologii ta energoberezhenja*. Kharkiv : NTU «KhPI», 2016. No. 3, pp. 52–57.
- 13 S. Bukhhalo. Matematicheskoe modelirovanie processov resurso- i jenergeberezhenija dlja polijetilenovyh othodov / S. Bukhhalo, D. Kuklenko, A. Borhovich // *Visnik NTU «KhPI»*. Kharkiv : NTU «KhPI». 2010. – No. 32. pp. 117–122.
14. Swedish Agency for Networks and Cooperation in Higher Education [Електронний ресурс] // Frequently asked questions – FAQ. Retrieved June 7, 2008. – Режим доступу : <http://english.netuniversity.se/page/4888/faq.htm>
15. Swedish National Agency for Higher Education [Електронний ресурс] Kartläggning av distansverksamheten vid universitet och högskolor. årsrapporter av ett regeringsuppdrag, 2010. – Режим доступу : www.hsv.se.
16. Tait, A. What are open universities for? In *Open Learning / A. Tait // The Journal of Open and Distance Learning*. 2008. – No. 23 (2). – P. 85–93.
17. The Bologna Process Website [Ел. ресурс]. – Retrieved on June 8, 2012. – Режим доступу : http://ec.europa.eu/education/policies/educ/bologna/bologna_en.html
18. Swedish patent and registration office [Електронний ресурс]-режим доступу: prv.se/programs and distance courses.
19. Rovai, A. P. Why some distance education programs fail while others succeed in a global environment / A. P. Rovai, J. R. Downey // *Internet and Higher Education*. 2010. – No. 13, pp. 141–147.
20. Rennie, F. Re-Thinking Sustainable Education Systems in Iceland: The Net-University Project / F. Rennie, S. Jóhannesdóttir, S. Kristinsdóttir // *International Review of Research in Open and Distance Learning*. 2011. – No. 12 (4), pp. 88–104.

Bibliography (transliterated)

1. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova Distance learning main trends. *Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018*, 16–18 travnja 2018. Ch. II / za red. prof. Sokola Ć.I. Kharkiv : NTU «KhPI», p.205.
2. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko Distance learning investigation some aspects. *Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018*, 16–18 travnja 2018. Ch. II / za red. prof. Sokola Ć.I. Kharkiv : NTU «KhPI», p.206.
3. A. Ageicheva, O. Komarova, S. Bukhhalo. Dejaki problemi naukovo-tehnicnogo perekladu dlja innovacijnih proektiv studentiv. *XHV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017)* 17-19 maja 2017. Kharkiv : NTU «KhPI». Ch. III, p. 16.
4. A. Ageicheva, S. Bukhhalo. Dejaki osoblivosti rozvitku distancijnoi osviti Shvecii. *Visnik NTU «KhPI»*. 2013. Kharkiv : NTU «KhPI». Vip. 55, pp. 162–168.
5. Bukhalo S.I. Udostonaljuvanja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. *Visnik NTU «KhPI»*. 2014. Kharkiv : NTU «KhPI». № 16, pp. 3–11.
6. S. Bukhhalo, O. Bilous, I. Demidov. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listja gorihu volos'kogo ta kalenduli. *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij*. No.1/6(73). 2015, pp. 22–26. Kharkiv : Tehnologicheskij centr.

Поступила (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухало Світлана Іванівна (Бухало Светлана Ивановна, Bukhhalo Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

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

Агейчева Анна Олександрівна (Агейчева Анна Александровна, Ageicheva Anna), PhD, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземної філології та перекладу, заступник декана гуманітарного факультету з наукової та міжнародної діяльності Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, м. Полтава, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2184-8820>, ageycheva@i.ua

Комарова Олександра Іванівна (Комарова Александра Ивановна, Komarova Oleskandra) – викладач кафедри іноземної філології та перекладу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, м. Полтава, Україна; e-mail: ageycheva@i.ua

Бабаши Лариса Володимирівна (Бабаши Лариса Владимировна, Babash Larisa) – викладач кафедри іноземної філології та перекладу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, м. Полтава, Україна; e-mail: ageycheva@i.ua

УДК 66.045.01

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.05

*А. И. МАЦЕГОРА, О. П. АРСЕНЬЕВА, П. А. КАПУСТЕНКО, В. В. ЗОРЕНКО, Л. В. СОЛОВЕЙ***ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В БЕЗРАЗМЕРНОЙ ФОРМЕ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА**

Разработана обобщенная математическая модель формирования загрязнений на поверхности теплопередачи пластинчатого теплообменника. Модель представлена системой обыкновенных дифференциальных уравнений и учитывает распределение параметров процесса вдоль канала пластинчатого теплообменника, что позволяет прогнозировать развитие загрязнения во времени в разных местах вдоль длины канала. Модель представлена в безразмерной форме, что позволяет расширить диапазон ее применения на более широкий класс явлений загрязнения теплопередающих поверхностей в условиях, когда интенсивность процесса контролируется массопереносом в основном потоке и скоростью реакции на границе раздела жидкой и твердой фаз. Применение предложенной модели формирования загрязнений позволило разработать математическую модель формирования загрязнений в каналах пластинчатого теплообменника с учетом изменения основных параметров процесса вдоль поверхности теплопередачи. Для проверки полученной модели и определения входящих в нее безразмерных параметров планируется проведение расчетов для конкретных условий и сравнение с данными экспериментальных исследований и промышленных испытаний пластинчатых теплообменников при работе со средами, склонными к образованию загрязнений на теплопередающей поверхности.

Ключевые слова: математическая модель, пластинчатый теплообменник, поверхность теплопередачи, загрязнение поверхности теплопередачи.

О. І. МАЦЕГОРА, О. П. АРСЕНЬЕВА, П. О. КАПУСТЕНКО, В. В. ЗОРЕНКО, Л. В. СОЛОВЕЙ
УЗАГАЛЬНЮЮЧА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ВІДКЛАДЕНЬ НА ПОВЕРХНІ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ У БЕЗРОЗМІРНОЇ ФОРМІ ТА ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМІННИКА

Розроблена узагальнена математична модель формування забруднень на поверхні теплопередачі пластинчатого теплообмінника. Модель представлена системою звичайних диференціальних рівнянь і враховує розподіл параметрів процесу вздовж каналу пластинчатого теплообмінника, що дозволяє прогнозувати розвиток забруднення у часі в різних місцях продовж довжини каналу. Модель представлена в безрозмірній формі, що дозволяє розширити діапазон її використання на більш широкий клас явищ забруднень теплопередаючих поверхонь в умовах, коли інтенсивність процесу контролюється масопереносом в основному потоці і швидкістю реакції на межі розділу рідкої та твердої фаз. Використання представленої моделі формування забруднень дозволило розробити математичну модель формування забруднень в каналах пластинчатого теплообмінника з урахуванням змін основних параметрів процесу вздовж поверхні теплопередачі. Для перевірки отриманої моделі і визначення присутніх в ній безрозмірних параметрів планується проведення розрахунків для конкретних умов та порівняння з даними експериментальних досліджень в промислових випробуваннях пластинчатих теплообмінників при роботі з середовищами, схильними до утворення забруднень на теплопередаючій поверхні.

Ключові слова: математична модель, пластинчатий теплообмінник, поверхня теплопередачі, забруднення поверхні теплопередачі.

О. І. МАЦЕГОРА, О. П. АРСЕНЬЕВА, П. О. КАПУСТЕНКО, В. В. ЗОРЕНКО, Л. В. СОЛОВЕЙ
A GENERALIZED MATHEMATICAL MODEL OF THE FOULING FORMATION ON THE HEAT TRANSFER SURFACE IN NON-DIMENSIONAL VIEW AND ITS APPLICATION FOR PLATE HEAT EXCHANGERS DESIGN

A generalized mathematical model of the formation of fouling on the heat transfer surface of a plate heat exchanger has been developed. The model is presented by a system of ordinary differential equations and takes into account the distribution of process parameters along the channel of a plate heat exchanger, which allows predicting the development of contamination in time in different places along the channel length. The model is presented in a dimensionless form, which allows extending the range of its application to a wider class of phenomena of contamination of heat transfer surfaces under conditions where the intensity of the process is controlled by mass transfer in the main flow and the reaction rate at the interface between the liquid and solid phases. The application of the proposed fouling formation model made it possible to develop a mathematical model for the formation of fouling in the channels of a plate heat exchanger, taking into account changes in the main process parameters along the heat transfer surface. To check the obtained model and determine the dimensionless parameters that enter into it, it is planned to carry out calculations for specific conditions and compare it with experimental studies and industrial tests of plate heat exchangers when working with media prone to the formation of fouling on the heat transfer surface.

Keywords: mathematical model, plate heat exchanger, heat transfer, fouling on the heat transfer surface.

Введение. Одной из важных предпосылок для устойчивого развития человечества является эффективное использование ресурсов, среди которых энергия играет ведущую роль. Она генерируется в настоящее время в основном при сжигании ископаемого топлива, не только исчерпывая его ограниченные запасы, но также выделяя вредные продукты сгорания в окружающую среду (Товажнянский и др., 2002). Для эффективного использования энергии первостепенное значение имеет увеличение рекуперации тепла. Это возможно благодаря применению метода интеграции процессов

и энергосбережения с использованием эффективного теплообменного оборудования [1]. Пластинчатые теплообменники (ПТО) являются одним из современных эффективных типов компактных теплообменников [2]. Компактная конструкция, состоящая из пакета гофрированных пластин, отштампованных из тонкого листового металла, за счет интенсификации процесса теплообмена в каналах ПТО, позволяет значительно уменьшить

© Мацегора А.И., Арсеньева О.П., Капустенко П.А.,
Зоренко В.В., Соловей Л.В., 2018

площадь теплопередачи для эквивалентной нагрузки, по сравнению с кожухотрубчатými теплообменниками [3]. Каналы ПТО имеют небольшой эквивалентный диаметр и сложную геометрию, которая способствует увеличению коэффициентов теплопередачи за счет высокой турбулентности потока. Поэтому правильный учет загрязнения в ПТО имеет первостепенное значение, т.к. метод учета загрязнений, используемый при расчете кожухотрубчатого теплообменника, может привести к избыточной площади теплопередачи и более низким скоростям в каналах ПТО, за которыми следует резкое снижение теплопередачи и возможна блокировка сечения узких каналов ПТО [4].

Правильный учет загрязнения при расчете ПТО требует использования детальных математических моделей с применением достаточно точных моделей образования отложений. Как представлено в [5], для моделирования тепловых характеристик ПТО можно учитывать локальные параметры расчета отложений в каналах ПТО на базе одномерной модели. Однако, кроме тепловых характеристик ПТО, правильное прогнозирование падения давления и его развитие во времени очень важно для оценки эксплуатационных характеристик ПТО, составления графика технического обслуживания. Моделирование термогидравлического поведения кожухотрубчатого теплообменника нефтеперерабатывающего завода в условиях загрязнения поверхности теплопередачи было предложено в работе [6]. Представлен анализ некоторых моделей отложения загрязнений при влиянии скорости реакции на поверхности и массопереноса к поверхности из ядра потока. Анализ выполнен на основе уравнения предложенного Эпштейном для определения интенсивности осаждения отложений, которое согласно [7] выглядит следующим образом:

$$\varphi_d = \lambda_f \cdot C_b \cdot \left(k_1 \cdot k_m^{-1} + \mu^{-1} \cdot k_2 \cdot \tau_w \cdot e^{E/R \cdot T_s} \right)^{-1} \quad (1)$$

где λ_f – теплопроводность отложений, J/(м·К); μ – динамическая вязкость жидкости, Pa·s; τ_w – напряжение сдвига на стенке, Pa; E – энергия активации, J/mol; $R=8.314$ J/mol – универсальная газовая постоянная; T_s – температура поверхности слоя отложений, K; k_m – коэффициент массопереноса, м/с; k_1 и k_2 – размерные константы; C_b – концентрация прекурсоров отложения, mol/m³.

Модели отложений, основанные на уравнении (1), демонстрируют хорошие результаты в сопоставлении экспериментальных данных о загрязнении на интенсифицированных поверхностях теплопередачи. Это показано в работе [8] для отложений при движении сырой нефти в трубах с интенсифицирующими вставками и в [9] для отложений при течении воды в каналах ПТО. Однако представление модели загрязнений в этих работах в размерной форме требует получения эмпирических коэффициентов сложных размерностей и ставит под вопрос обобщающую способность модели. Целью настоящей работы является приведение модели

отложений к безразмерной форме и разработка на ее основе математической модели пластинчатого теплообменника, учитывающей изменение локальных параметров протекающих процессов.

2. Модель формирования загрязнений.

Основной проблемой моделирования ПТО в условиях образования отложений является выбор надежной и достаточно точной модели загрязнения. Как было показано в [10] хорошие результаты по термическому моделированию загрязнения в воде в ПТО могут быть достигнуты с использованием подхода Керна и Ситона, где скорость образования отложения описывается как разница между интенсивностью осаждения отложений φ_d и интенсивностью удаления отложений φ_{rm} :

$$\partial \delta_f / \partial \theta = \varphi_d - \varphi_{rm} \quad (2)$$

Выражение для расчета интенсивности отложения загрязнений в данной работе получено с использованием уравнения (1). При этом это уравнение представлено в безразмерной форме, путем введения безразмерных комплексов при следующих допущениях:

1. Существует аналогия между тепло и массопереносом и для расчета диффузионного числа Нуссельта может быть использовано выражение:

$$Nu_{D_2} = k_m \cdot d_e / D = Nu_2 \cdot (Pr_{D_2} / Pr_2)^{1/3}, \quad (3)$$

где Nu_2 – теплое число Нуссельта для теплоотдачи при движении жидкости в рассматриваемом канале; $Pr_2 = c_{p2} \mu_2 / \lambda_2$ – число Прандтля; $Pr_D = D \rho_2 / \mu_2$ – диффузионное число Прандтля; ρ_2 – плотность жидкости, кг/м³; λ_2 – теплопроводность жидкости, J/(м·К); c_{p2} – удельная теплоемкость жидкости, J/(кг·К); d_e – эквивалентный диаметр канала, м; D – коэффициент диффузии, м/с.

2. Связь между коэффициентом диффузии для конкретных веществ может быть определена с помощью модификации уравнения Стокса-Эйнштейна [11] в следующем виде:

$$D = \chi \cdot T_s \cdot k_B / (\mu_2 \cdot r_m), \quad (4)$$

где $k_B = 1.38048 \cdot 10^{-23}$ J/K – постоянная Больцмана; T_s – температура поверхности осаждения, K; μ – динамическая вязкость, Pa·s; r_m – радиус молекулы Ван-дер-Ваальса, м, который вводится как масштаб для радиуса молекулы; χ – параметр, зависящий от природы веществ раствора, который учитывает радиус молекулы растворенного вещества и отклонения от уравнения Стокса-Эйнштейна для конкретного содержания раствора. Такой характер связи между D , μ и T был экспериментально подтвержден в [12] для разных растворов в экспериментах по установлению зависимости коэффициента пропорциональности от свойств растворенного вещества. Тот же вывод следует из более поздних работ, например, Карунанити и Богашваран [13]. Можно заключить, что для конкретного раствора параметр χ можно считать не меняющимся с концентрацией и температурой раствора. Поскольку радиус молекулы для разных

сред различен и зачастую трудно определяем, в расчетах принят радиус молекулы воды $r_m = 1,36 \cdot 10^{-10}$ м в соответствии с данными [14]. Он вводится как коэффициент масштабирования, а различия в r_m для различных сред учитываются в параметре χ . Используя уравнения (3) и (4), после подстановки в уравнение (1) можно записать в безразмерной форме:

$$\varphi_a \cdot d_e \cdot \rho_2 / \mu_2 = \left\{ c_D \cdot K_D^{2/3} \cdot Pr_2^{1/3} / Nu_2 + c_R \cdot K_R \cdot \exp[E / (R \cdot T_s)] \right\}^{-1} \quad (5)$$

Здесь K_D и K_R - безразмерные комплексы переменных, значения которых могут изменяться с изменением температуры и свойств потока. Эти комплексы выражаются следующим образом:

$$K_D = \mu_2^2 \cdot r_m / (T_s \cdot \rho_2 \cdot k_B); K_R = \tau_w / (\rho_2 \cdot d_e \cdot g). \quad (6)$$

Другими двумя безразмерными комплексами c_D и c_R являются:

$$c_D = k_1 / (\chi^{2/3} \cdot C_b \cdot \lambda_f); c_R = (k_2 \cdot g) / (C_b \cdot \lambda_f). \quad (7)$$

Эти комплексы зависят только от констант k_1 и k_2 в уравнении (1) и переменных, которые не изменяются для одного и того же раствора. Для экспериментов с теми же средами и типами отложения c_D и c_R можно рассматривать как константы и определять путем обработки данных экспериментальных исследований или промышленных испытаний.

Интенсивность удаления отложений в безразмерной форме может быть выражена с использованием размерного параметра B :

$$\varphi_{mm} \cdot d_e \cdot \rho_2 / \mu_2 = B \cdot \delta_f \cdot \tau_w \cdot d_e \cdot \rho_2 / \mu_2 = c_{mm} \cdot \delta_f \cdot Re^* \cdot Pr_2 / d_e \quad (8)$$

Здесь Re^* - число Рейнольдса, рассчитанное по скорости напряжения сдвига на стенке:

$$Re^* = \sqrt{\tau_w / \rho_2} \cdot d_e \cdot \rho_2 / \mu_2; c_{mm} = B \cdot \lambda_2 / c_{p2} \quad (9)$$

Считая, что для одной и той же жидкости изменение c_{p2} и λ_2 сравнительно мало, параметр c_{mm} можно считать постоянным при сопоставлении экспериментальных данных о загрязнении для конкретной среды.

Математическая модель тепловых характеристик ПТО в условиях загрязнений была представлена в [15] с использованием размерной модели загрязнений. Представленная в данной главе безразмерная модель загрязнений требует экспериментальной проверки и необходимой дополнительной модификации математической модели, включающей также расчет гидравлического режима ПТО.

3. Математическая модель пластинчатого теплообменника в условиях загрязнения поверхности теплопередачи. Основными дифференциальными уравнениями теплового расчета для противоточного теплообменника являются уравнения:

$$\partial T_2 / \partial x = q \cdot \Pi / (g_2 \cdot c_{p2}) \quad (10)$$

$$\partial T_1 / \partial x = (\partial T_2 / \partial x) \cdot g_2 \cdot c_{p2} / (g_1 \cdot c_{p1}) \quad (11)$$

где T_1 и T_2 - температуры горячего и холодного потоков, К; g_1 и g_2 - массовые потоки горячего и холодного теплоносителей по одному каналу, кг/с; c_{p1} и c_{p2} - удельные теплоемкости горячего и холодного потоков, J/(кг·К); Π - периметр канала, м; x - расстояние от входа холодного потока, м; q - удельный тепловой поток, Вт/м².

$$q = (1/h_1 + 1/h_2 + R_f + \delta_w / \lambda_w)^{-1} \times (T_1 - T_2) \quad (12)$$

Здесь δ_w - толщина металла пластины, м; λ_w - теплопроводность металла пластины W/(м·К); h_1 и h_2 - коэффициенты теплоотдачи для горячего и холодного потоков, соответственно, W/(м²·К).

Температура на внешней поверхности слоя загрязнений:

$$T_s = [(1/h_1 + 1/h_2 + R_f + \delta_w / \lambda_w) \times h_2]^{-1} \times (T_1 - T_2) + T_2 \quad (13)$$

Коэффициенты теплоотдачи h_1 и h_2 вычисляются в соответствии с корреляционными уравнениями, представленными в [16] для перепада давления и теплообмена в основном гофрированном поле в зависимости от геометрии канала и теплофизических свойств жидкости. В общем виде:

$$h_j = h_j(W_j, T_j, T_s, \beta, \gamma, d_{ej}) \quad (14)$$

Здесь $\gamma = 2 \cdot b/S$ - отношение удвоенной высоты к шагу гофры; β - угол гофрировки, градусы. При образовании отложения площадь свободного поперечного сечения канала (f_{ch} , м²) становится все меньше, увеличивая скорость потока, которая может быть определена следующим образом:

$$W_2 = \frac{g_2}{(f_{ch} - \delta_f \cdot \Pi) \cdot \rho_2} \quad (15)$$

Как указано в [6], осадженный слой отложений приводит к увеличению потерь давления в канале, что не только вызывает рост скорости потока, но и создает шероховатость на границе потока. Для большинства потоков в теплообменниках теплофизические свойства мало зависят от изменения давления внутри каналов (особенно для жидкостей). По этой причине тепловая часть математической модели может быть решена без учета потери давления в канале, что позволяет получать информацию о развитии слоя загрязнения перед последующим вычислением потерь давления.

Потеря давления в ПТО можно рассматривать как сумму потерь давления в основном гофрированном поле ΔP_{mf} , на входных и выходных распределительных участках ΔP_{Zin} и ΔP_{Zout} и в коллекторах ΔP_{pc} [17]. Полная потеря давления с выражениями для соответствующих составных частей выглядит следующим образом:

$$\Delta P_2 = \int_0^{L_p} \zeta_2 \cdot \frac{\rho_2 \cdot W_2^2}{2 \cdot d_e} dx + \zeta_{Zin} \cdot \frac{\rho_2 \cdot W_{2in}^2}{2} + \zeta_{Zout} \cdot \frac{\rho_2 \cdot W_{2out}^2}{2} + 1.3 \cdot \frac{\rho_2 \cdot W_{2p}^2}{2} \quad (16)$$

где W_{2in} , W_{2out} и W_{2p} - скорости на входе, выходе и портах канала, м/с; ζ_2 - коэффициент трения в канале ПТО, определяемый в зависимости от геометрии канала по формуле (17), предложенной в [18] с термином «А» учитывающим шероховатость, создаваемую загрязнением:

$$\zeta_2 = 8 \left\{ \left(\frac{12 + p_2}{Re} \right)^{12} + \left[A + \left(\frac{37530 p_1}{Re} \right)^{16} \right]^{\frac{3}{2}} \right\}^{\frac{1}{12}}; \quad (17)$$

$$A = \left[p_4 \cdot \ln \left(p_5 \cdot \left(\left(\frac{7 \cdot p_3}{Re} \right)^{0.9} + 0.27 \cdot \frac{\delta_r}{d_e} \right)^{-1} \right) \right]^{16}$$

$$p_1 = \exp(-0.157 \cdot \beta); p_2 = \pi \cdot \beta \cdot \gamma^2 / 3; p_3 = \exp(-\pi \cdot \beta / (180 \cdot \gamma^2)); p_5 = 1 + \frac{1}{10};$$

$$p_4 = (0.061 + (0.69 + \lg(\beta \cdot \pi / 180))^{-2.63}) \cdot (1 + (1 - \gamma) \cdot 0.9 \cdot \beta^{0.001}) \quad (18)$$

Коэффициент локального гидравлического сопротивления во входном распределительном участке определяется согласно данным из работы [19], а именно $\zeta_2 = 38$. Для выходного распределительного участка к значению 38 применяется поправка на шероховатость загрязнения, принятая как коэффициент трения в конце основного гофрированного поля, а также вычисляется скорость W_{2out} для площади поперечного сечения, уменьшенной за счет загрязнения.

Уравнения (2)–(18) с уравнениями для расчета температурных зависимостей, тепловых и физических свойств потоков и геометрических соотношений для ПТО представляют собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений с нелинейными правыми частями.

Список литературы:

- Капустенко П.А., Кузин А.К., Макаровский Е.Л., Товажнянский Л.Л., Ульев Л.М., Черная Е.Б., 2004. Альтернативная энергетика и энергосбережение: современное состояние и перспективы. ООО Издательский дом «Вокруг цвета», Харьков, Украина.
- Klemeš J.J., Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyansky L., 2015. Compact Heat Exchangers for Energy Transfer Intensification: Low Grade Heat and Fouling Mitigation. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Kapustenko P., Boldyryev S., Arsenyeva O., Khavin G. The use of plate heat exchangers to improve energy efficiency in phosphoric acid production. Journal of Cleaner Production, 2009, 17(10), – pp. 951–958.
- Gogenko A.L., Anipko O.B., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O. Accounting for fouling in plate heat exchanger design. Chemical Engineering Transactions, 2007, 12, – pp. 207–212.
- Kapustenko P., Arsenyeva O., Matsegora O., Kusakov S., Tovazhnianskiy V. The mathematical modelling of fouling formation along PHE heat transfer surface, Chemical Engineering Transactions, 2017, 61, – pp. 247–252.
- Yeap B.L., Wilson D.I., Polley G.T., Pugh S.J. Mitigation of crude oil refinery heat exchanger fouling through retrofits based on thermo-hydraulic fouling models. Chemical Engineering Research and Design, 2004, 82(1), – pp. 53–71.

Численное решение этой системы методом конечных разностей реализовано для ПК с использованием программного обеспечения Mathcad. Для проверки обоснованности разработанной модели в следующей статье будут рассмотрены конкретные примеры ее практического применения.

4. Заключение.

Предложена обобщенная модель формирования загрязнений на поверхности теплопередачи теплообменных аппаратов. Модель представлена в безразмерной форме, что позволяет расширить диапазон ее применения на более широкий класс явлений загрязнения теплопередающих поверхностей в условиях, когда интенсивность процесса контролируется массопереносом в основном потоке и скоростью реакции на границе раздела жидкой и твердой фаз.

Применение предложенной модели формирования загрязнений позволило разработать математическую модель формирования загрязнений в каналах пластинчатого теплообменника с учетом изменения основных параметров процесса вдоль поверхности теплопередачи.

Для проверки полученных моделей и определения входящих в них безразмерных параметров планируется проведение расчетов для конкретных условий и сравнение с данными экспериментальных исследований и промышленных испытаний пластинчатых теплообменников при работе со средами склонными к образованию загрязнений на теплопередающей поверхности.

- Epstein N., 2011. Comments on «Relate Crude Oil Fouling Research to Field Fouling Observations by Joshi et al.». In Proc. International Conference on Heat Exchanger Fouling and Cleaning, 2011, – pp. 62–64.
- Yang M., Crittenden B. Fouling thresholds in bare tubes and tubes fitted with inserts, Applied Energy, 2012, 89, – pp. 67–73.
- Arsenyeva O.P., Crittenden B., Yang M., Kapustenko P.O. Accounting for the thermal resistance of cooling water fouling in plate heat exchangers. Applied Thermal Engineering, 2013, 61(1), – 53–59.
- Demirskiy O.V., Kapustenko P.O., Arsenyeva O.P., Matsegora O.I., Pugach Y.A. Prediction of fouling tendency in PHE by data of on-site monitoring. Case study at sugar factory. Applied Thermal Engineering, 2018, 128, – pp. 1074–1081.
- Einstein A. Investigation on the Theory of the Brownian Movement. Annalen der Physik, 1906, (4) 19, – pp. 371–381.
- Wilke C.R., Chang P. Correlation of diffusion coefficients in dilute solutions. AIChE J, 1955, 1(2), – pp. 264–270.
- Karunanithi B., Bogeshwaran K. Liquid Diffusion-Measurement and Correlation of Diffusion Coefficient in Acetic acid-Carbon tetra chloride System. International Journal of ChemTech Research, 2016, 9(08), – pp. 465–478.
- Zhang Y., Xu Z. Atomic radii of noble gas elements in condensed phases. American Mineralogist, 1995, 80(7–8), 670–675.

15. Kapustenko P., Arsenyeva O., Matsegora O., Kusakov S, Tovazhnianskiy V. The mathematical modelling of fouling formation along PHE heat transfer surface, Chemical Engineering Transactions, 2017, 61, – pp. 247–252.
16. Kapustenko P., Arsenyeva O., Dolgonosova O. The heat and momentum transfers relation in channels of plate heat exchangers, Chemical Engineering Transactions, 2011, 25, – pp. 357–362.
17. Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyanskyy L., Khavin G. The influence of plate corrugations geometry on plate heat exchanger performance in specified process conditions. Energy, 2013, 57, – pp. 201–207.
18. Arsenyeva O.P., Tovazhnyanskyy L.L., Kapustenko P.O., Khavin G.L. The Generalized Correlation for Friction Factor in Criss-cross Flow Channels of Plate Heat Exchangers, Chemical Engineering Transactions, 2011, 25, – pp. 399–404.
- Proc. International Conference on Heat Exchanger Fouling and Cleaning, 2011, – pp. 62–64.
8. Yang M., Crittenden B. Fouling thresholds in bare tubes and tubes fitted with inserts, Applied Energy, 2012, 89, – pp. 67–73.
9. Arsenyeva O.P., Crittenden B., Yang M., Kapustenko P.O. Accounting for the thermal resistance of cooling water fouling in plate heat exchangers. Applied Thermal Engineering, 2013, 61(1), – pp. 53–59.
10. Demirskiy O.V., Kapustenko P.O., Arsenyeva O.P., Matsegora O.I., Pugach Y.A. Prediction of fouling tendency in PHE by data of on-site monitoring. Case study at sugar factory. Applied Thermal Engineering, 2018, 128, – pp. 1074–1081.
11. Einstein A. Investigation on the Theory of the Brownian Movement. Annalen der Physik, 1906, (4) 19, – pp. 371–381.
12. Wilke C.R., Chang P. Correlation of diffusion coefficients in dilute solutions. AIChE J, 1955, 1(2), – pp. 264–270.
13. Karunanithi B., Bogeshwaran K. Liquid Diffusion-Measurement and Correlation of Diffusion Coefficient in Acetic acid-Carbon tetra chloride System. International Journal of ChemTech Research, 2016, 9(08), – pp. 465–478.
14. Zhang Y., Xu Z. Atomic radii of noble gas elements in condensed phases. American Mineralogist, 1995, 80(7–8), 670–675.
15. Kapustenko P., Arsenyeva O., Matsegora O., Kusakov S, Tovazhnianskiy V. The mathematical modelling of fouling formation along PHE heat transfer surface, Chemical Engineering Transactions, 2017, 61, – pp. 247–252.
16. Kapustenko P., Arsenyeva O., Dolgonosova O. The heat and momentum transfers relation in channels of plate heat exchangers, Chemical Engineering Transactions, 2011, 25, – pp. 357–362.
17. Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyanskyy L., Khavin G. The influence of plate corrugations geometry on plate heat exchanger performance in specified process conditions. Energy, 2013, 57, – pp. 201–207.
18. Arsenyeva O.P., Tovazhnyanskyy L.L., Kapustenko P.O., Khavin G.L. The Generalized Correlation for Friction Factor in Criss-cross Flow Channels of Plate Heat Exchangers, Chemical Engineering Transactions, 2011, 25, – pp. 399–404.

Bibliography (transliterated):

1. Kapustenko P.O., Kuzin A.K., Makarovskiy E.L., Tovazhnianskiy L.L., Ulyev L.M., Chernaya E.B. (2004). Alternativnaya energetika I energoberezeniye: sovremennoe sostoyaniye i perspektivy. OOO Publisher «Around the world», Kharkiv, Ukraine.
2. Klemeš J.J., Arsenyeva O., Kapustenko P., Tovazhnyanskyy L., 2015. Compact Heat Exchangers for Energy Transfer Intensification: Low Grade Heat and Fouling Mitigation. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
3. Kapustenko P., Boldyryev S., Arsenyeva O., Khavin G. The use of plate heat exchangers to improve energy efficiency in phosphoric acid production. Journal of Cleaner Production, 2009, 17(10), – pp. 951–958.
4. Gogenko A.L., Anipko O.B., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O. Accounting for fouling in plate heat exchanger design. Chemical Engineering Transactions, 2007, 12, – pp. 207–212.
5. Kapustenko P., Arsenyeva O., Matsegora O., Kusakov S., Tovazhnianskiy V. The mathematical modelling of fouling formation along PHE heat transfer surface, Chemical Engineering Transactions, 2017, 61, – pp. 247–252.
6. Yeap B.L., Wilson D.I., Polley G.T., Pugh S.J. Mitigation of crude oil refinery heat exchanger fouling through retrofits based on thermo-hydraulic fouling models. Chemical Engineering Research and Design, 2004, 82(1), – pp. 53–71.
7. Epstein N., 2011. Comments on «Relate Crude Oil Fouling Research to Field Fouling Observations by Joshi et al.». In

Поступила (received) 29.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мацегора Олександр Іванович (Мацегора Александр Иванович, Matsegora Oleksandr Ivanovych) – аспірант кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», e-mail: aleksandr.matsegora@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5482-0341>

Арсеньєва Ольга Петрівна (Арсеньєва Ольга Петровна, Arsenyeva Olga Petrovna) – доктор технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», e-mail: ol.arsenyeva@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9013-6451>

Капустенко Петро Олексійович (Капустенко Петр Алексеевич, Kapustenko Petro Oleksiyovych) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; e-mail: kar@kpi.kharkov.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3550-5274>

Зоренко Віктор Володимирович (Зоренко Виктор Владимирович, Zorenko Victor Volodymyrovych) – аспірант кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», e-mail: 629945@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8363-8488>

Соловей Людмила Валентинівна (Соловей Людмила Валентиновна, Solovey Ludmila Valentiniivna) – викладач кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5308-6782>; e-mail: ludsol@ukr.net.

УДК 66.012.45

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.06

*Т. Г. БАБАК, С. Н. БЫКАНОВ, Л. В. СОЛОВЕЙ, В. А. УС***ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ВЫПАРИВАНИЯ ВОДНОГО РАСТВОРА ГИДРОКСИДА НАТРИЯ**

В статье предлагается проект модернизации трехкорпусной установки выпаривания водного раствора гидроксида натрия с целью повышения его концентрации. Модернизация состоит в создании сети теплообменного оборудования, реализующей рекуперацию тепла технологических потоков выпарной установки. Проектирование было проведено с помощью методов пинч-анализа, а именно, был обоснован выбор минимальной разности температур в теплообменном оборудовании ΔT_{\min} , создан проект сети теплообменников, реализующей минимальное потребление внешних утилит, и проведена оптимизация сети. В качестве теплообменного оборудования были предложены и рассчитаны современные пластинчатые теплообменные аппараты. Проведена экономическая оценка проекта, показывающая, что срок его окупаемости составит около двух месяцев.

Ключевые слова: гидроксид натрия, выпарная установка, рекуперация энергии, пинч-анализ, пластинчатые теплообменники.

*Т. Г. БАБАК, С. М. БИКАНОВ, Л. В. СОЛОВЕЙ, В. А. УС***ОПТИМІЗАЦІЯ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОНОСІВ У ПРОЦЕСІ ВИПАРЮВАННЯ ВОДНОГО РОЗЧИНУ ГІДРОКСИДУ НАТРІЯ**

В статті пропонується проект модернізації трикорпусної установки випарювання водного розчину гідроксиду натрію з метою підвищення його концентрації. Модернізація полягає в створенні мережі теплообмінного обладнання, що реалізує рекуперацию тепла технологічних потоків випарної установки. Проектування було проведено за допомогою методів пинч-аналізу, тобто було обґрунтовано вибір мінімальної різниці температур в теплообмінному обладнанні ΔT_{\min} , утворено проект мережі теплообмінників, що реалізує мінімальне споживання зовнішніх утиліт і проведено оптимізацію мережі. В якості теплообмінного обладнання було запропоновано і розраховано сучасні пластинчаті теплообмінні апарати. Було проведено економічну оцінку проекту, що показала термін його окупності складе приблизно два місяці.

Ключові слова: гідроксид натрію, випарна установка, рекуперация енергії, пинч-аналіз, пластинчаті теплообмінники.

*T. G. BABAK, S. M. BYKANOV, L. V. SOLOVEY, V. A. US***OPTIMIZATION OF ENERGY UTILITIES CONSUMPTION IN THE AQUEOUS SODIUM HYDROXIDE SOLUTION EVAPORATION**

The paper proposes the retrofit design of a three-unit evaporator for evaporating of aqueous sodium hydroxide solution in order to increase its concentration. The retrofit assumes the creation of a heat exchange equipment network that has to implement heat recovery of the process streams of the evaporator. The design was carried out with the pinch-analysis methods. The threshold problem (demand for hot utilities only) was identified by shifting the composite curves and the threshold temperature difference $11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ was found. Problem definition, like a pinch problem, was made with the choice of minimum temperature difference $\Delta T_{\min} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ in heat exchange equipment. The design of the heat exchangers network that realizes the minimum consumption of external utilities and maximum energy recovery was created, and the network optimization with energy relaxation was carried out. Modern plate heat exchangers as heat exchange equipment were chosen and calculated. The economic evaluation of the design was conducted. The payback period will be about two months.

Keywords: sodium hydroxide, evaporator, energy recovery, pinch analysis, plate heat exchangers.

Введение. Исследования, направленные на усовершенствование тепловой схемы процесса выпаривания, и использованию разных типов оборудования, подразумевают, прежде всего, снижение потребления внешней энергии. Решение задачи модернизации тепловой схемы выпарной установки, с целью повышения эффективности работы, является актуальной, и имеет практическую ценность. Выпаривание в многокорпусной выпарке, несмотря на многократное использование исходного пара, является, наиболее энергетически затратным в технологических процессах химической и пищевой промышленности. Поэтому имеются многочисленные исследования, направленные на снижение расхода энергии и повышение уровня рекуперации, что особенно важно, как с точки зрения снижения себестоимости выпускаемой продукции, так и с точки зрения уменьшения выбросов и экологической безопасности. Важнейшим резервом увеличения экономической эффективности процесса выпаривания является не только усовершенствование самих выпарных аппаратов, применение

термосифонных установок, но и, прежде всего, оптимальное или рациональное использование вторичных паров и конденсатов различных корпусов для предварительного подогрева исходного продукта. Проектирование системы подогревателей требует анализа тепловой схемы с помощью математических методов.

Одним из наиболее эффективных и универсальных подходов к исследованию тепловой схемы выпарных установок с целью рекуперации тепла, зарекомендовал себя пинч-анализ. Использованию методов пинч-анализа посвящено большое количество исследований, среди которых можно выделить практические приложения в работах [1–3]. В этих работах предложена конкретная модернизация выпарных установок различных производств, полученная на основе повышения рекуперации тепловых потоков. Задача решается с использованием методов пинч-анализа, выбором и размещением теплообменного оборудования.

© Бабак Т.Г., Биканов С.М., Соловей Л.В., Ус В.А., 2018

Анализ экономической эффективности показал высокую степень экономии внешних утилит и вполне приемлемый для практики срок окупаемости проекта.

Описание выпарной установки и выбор технологических потоков для рекуперации тепла. Принципиальная схема установки представлена на рис. 1.

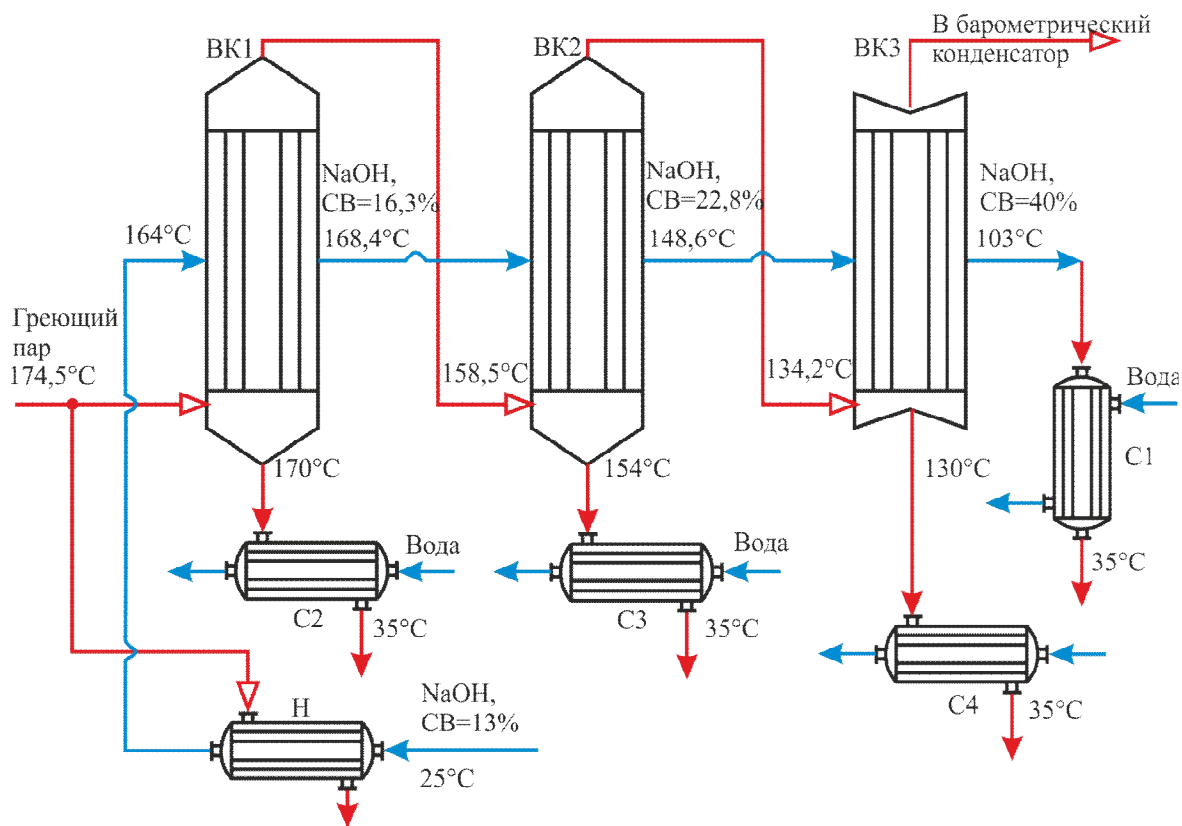


Рис. 1 – Принципиальная технологическая схема установки выпаривания водного раствора NaOH

Водный раствор с концентрацией едкого натра (NaOH) 13%, имеющий температуру 25 °С, подогревается в паровом нагревателе Н и подается в первый корпус выпарной установки при температуре близкой к температуре кипения 164 °С. Выпаривание в первом корпусе осуществляется паром из котельной, во втором и третьем – вторичными парами предыдущих корпусов. Конденсат паров выпарных корпусов охлаждается в теплообменниках С2, С3, С4 и направляется в емкости сбора конденсата. Конечный продукт с концентрацией NaOH 40% охлаждается до температуры 35 °С в охладителе С1.

В качестве теплообменного оборудования используются кожухотрубчатые теплообменные аппараты. Рекуперация тепла в системе подогрева и охлаждения отсутствует.

Анализ данных существующей схемы, расчет материального и теплового баланса, позволяет выделить технологические потоки для проведения реконструкции. Данные потоков приведены в табл. 1. Отметим, что было принято решения объединения потоков конденсата из выпарных корпусов в один технологический поток. Также был добавлен поток технической воды для нужд производства.

Таблица 1 – Данные технологических потоков выпарной установки для интеграции

№	Название потока	Тип	G, кг/с	T _s , °С	T _i , °С	c, кДж/(кг·°С)	CP, кВт/°С	ΔH, кВт
1	Смесь конденсатов	гор	2,629	151,8	35	4,207	11,06	1291,83
2	Раствор NaOH 40%	гор	1,26	103	35	3,25	4,095	278,48
3	Раствор NaOH 13%	гор	3,89	25	164	3,651	14,202	1974,13
4	Техническая вода	хол	0,61	15	50	4,19	2,556	89,46

Постановка задачи и выбор подхода к решению. Для выбора подхода к созданию проекта модернизации системы теплообмена были построены составные кривые технологических потоков процесса и рассмотрены их относительное положение на

температурно-энтальпийной диаграмме для различных значений ΔT_{min}. Это исследование показало, что данная проблема представляет собой пороговую задачу [4, 5].

На рис.2 представлені составные кривые тепловых потоков процесса, расположенные таким образом, что охлаждение горячих потоков не требуется, а к холодным потокам необходимо подвести тепло мощностью 493,27 кВт.

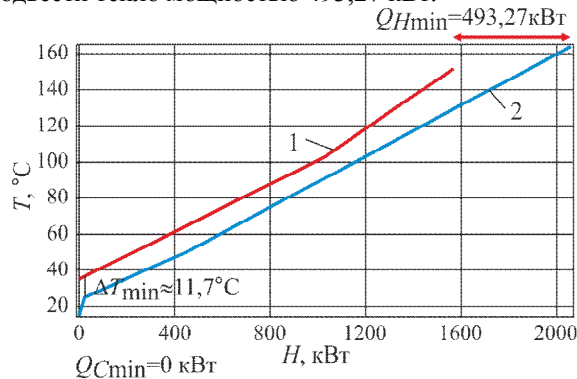


Рис. 2 – Составные кривые потоков процесса:
1 – горячих, 2 – холодных

Зависимость требуемой мощности внешних утилит от величины ΔT_{\min} изображена на рис. 3. Изменение характера зависимости соответствует пороговому значению $\Delta T_{\text{пор}} = 11,68655 \text{ } ^\circ\text{C}$.

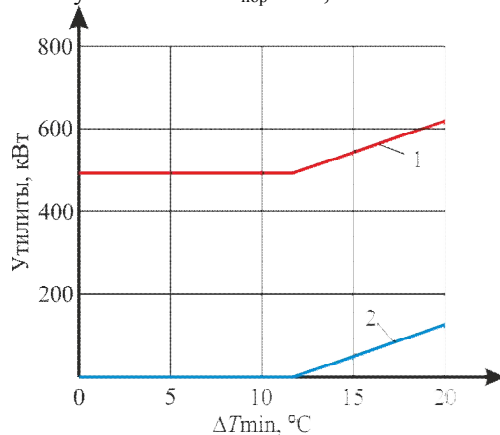


Рис. 3 – Зависимость мощности внешних утилит от ΔT_{\min} : 1 – горячих, 2 – холодных

Для пороговых задач характерно, что при значениях ΔT_{\min} , менее чем $\Delta T_{\text{пор}}$, значение требуемой мощности одной из внешних утилит, $Q_{H\min}$ либо $Q_{C\min}$, равно нулю, а значение другой остается постоянной. При этом требуется либо нагрев, либо охлаждение одновременно в области ниже и выше пинча, что противоречит правилам пинч-анализа. Отсюда следует вывод, что использование значений $\Delta T_{\min} < \Delta T_{\text{пор}}$ не рационально, так как не приводит к уменьшению затрат на внешние утилиты, а только повышает капитальные затраты.

Выбор $\Delta T_{\min} > \Delta T_{\text{пор}}$ сводит пороговую задачу к стандартной пинч-проблеме.

Если составные кривые процессов расположены так, что на одном конце составных кривых, горячем либо холодном, не требуется использование внешних утилит, мы можем получить задачи двух типов.

Исходя из того, что линия пинча делит тепловую систему потоков на две – одна из которых является источником тепловой энергии, а другая стоком – пинч находится на том конце составных кривых, где не требуются внешние утилиты. Задача первого типа характеризуется тем, что минимальная температурная разность между составными кривыми соответствует точке пинча, при этом задача проектирования теплообменной сети по сути сводится к использованию правил размещения теплообменного оборудования выше или ниже пинча. Если же составные кривые имеют максимальное сближение в некоторой точке внутри составных кривых (задача второго типа), то требуется иной подход. При этом выбирается близкое к $\Delta T_{\text{пор}}$ значение ΔT_{\min} , меньше, чем $\Delta T_{\text{пор}}$. Составные кривые процесса располагаются друг относительно друга в соответствии с выбранным значением ΔT_{\min} . Точку их максимального сближения называют псевдо-пинч.

Размещение теплообменников в области нулевого потребления внешних утилит производится как от точки псевдо-пинча, так и от конца, на который наложено ограничение [5]. Поскольку в этой области тепловые потоки не находятся в строгом тепловом балансе. Это приводит к передаче небольшого количества тепловой энергии через псевдо-пинч.

Как видно из рис. 2, данная задача относится ко второму типу, когда максимальное сближение составных кривых по температурной оси, равно $\Delta T_{\text{пор}}$, соответствует внутренним точкам составных кривых.

Учитывая то, что рекомендованное по данной отрасли производства значение ΔT_{\min} в используемом теплообменном оборудовании находится в пределах $10\text{-}20 \text{ } ^\circ\text{C}$ [6], было принято решение о выборе $\Delta T_{\min} = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$, что позволяет рассматривать данную задачу как классическую пинч-проблему и избежать наложения жесткого ограничения на неиспользование холодных утилит.

Проектирование сети с минимальным потреблением внешних утилит и ее оптимизация.

Для выбранного значения $\Delta T_{\min} = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$ были определены целевые значения мощности внешних утилит: $Q_{H\min} = 498,02 \text{ кВт}$, $Q_{C\min} = 4,75 \text{ кВт}$. Мощность рекуперации составила 1570,3 кВт.

На рис. 4 представлена сеточная диаграмма с размещенными теплообменниками, обеспечивающими минимальное потребление внешних утилит. При проектировании производилось расщепление потока сырья и потока конечного продукта. Следует отметить, нагрузка теплообменника T5 существенно меньше нагрузки остальных теплообменников, что дает основания для оптимизации сети теплообменников, состоящей в удалении теплообменника T5 и увеличении мощности потребляемых внешних утилит.

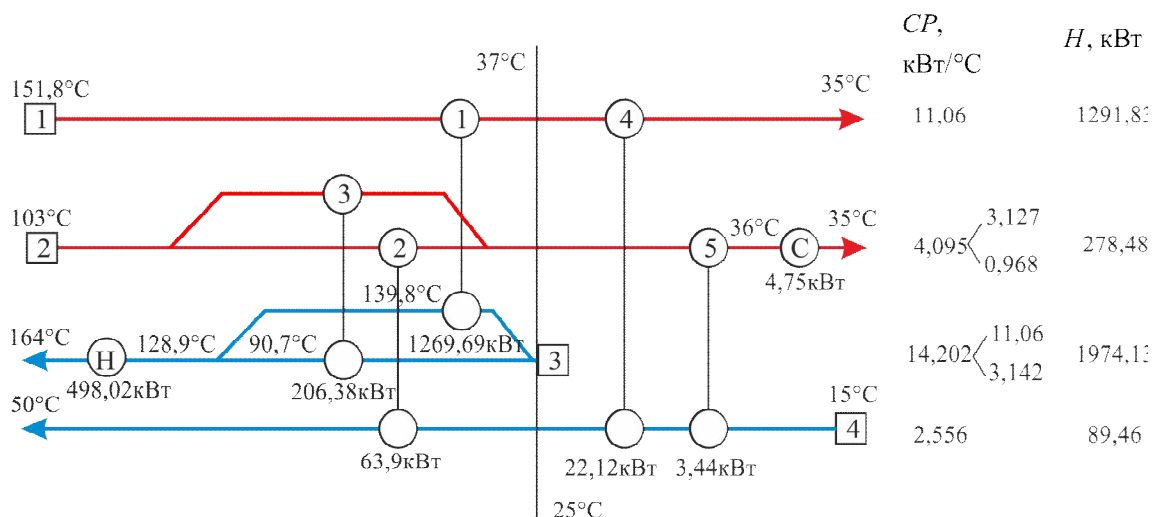


Рис. 4 – Сеточная диаграмма сети с минимальной мощностью внешних утилит

На рис. 5 представлена сеточная диаграмма теплообменной сети, из которой был удален теплообменник Т5 с нагрузкой 3,44 кВт. Это привело к тому, что нагрузка охладителя возрастает до 8,19 кВт. Температура потока 4 – технической воды –

на горячем конце теплообменника Т4 равна 23,7 °С, что меньше температуры пинча холодных потоков. Это значит, что не происходит нарушения $\Delta T_{min} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$.

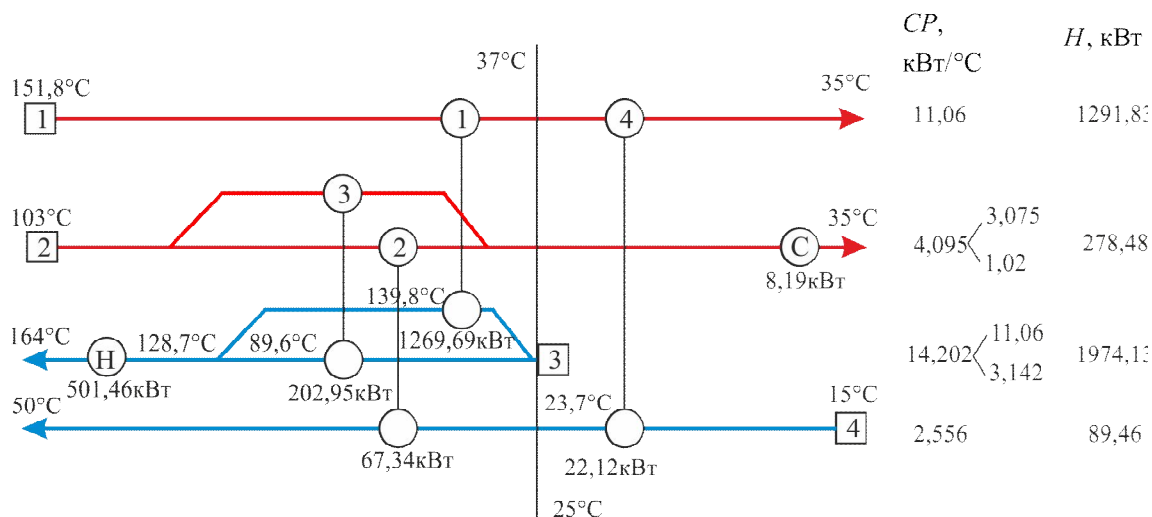


Рис. 5 – Оптимизированная сеть теплообменников с передачей тепла через пинч

Выше пинча, чтобы не добавлять еще один нагреватель на потоке 4, увеличена нагрузка теплообменника Т2 с 63,9 кВт до 67,34 кВт. В этом теплообменнике горячим теплоносителем является поток 2 – конечный продукт. Поток 2 был расщеплен, поэтому мы получили возможность изменять соотношение потоковых теплоемкостей, а значит и нагрузки теплообменников, установленных на обеих ветвях, не нарушая температуру потока 2 на входе в пинч. Таким образом, получено изменение нагрузки на теплообменнике Т3 с 206,38 кВт на 202,95 кВт. В результате понижается температура на горячем конце теплообменника Т3 одной из ветвей потока 3 и температура на входе в нагреватель. Потребление горячих утилит теперь составляет 501,46 кВт, то есть увеличивается на величину мощности исключенного

из схемы теплообменника Т5 из-за переноса тепла через пинч. Суммарная мощность рекуперации составляет 1562,2 кВт.

Подбор теплообменного оборудования и формирование модернизированной схемы. В качестве теплообменного оборудования были выбраны пластинчатые теплообменные аппараты, реализующие высокий коэффициент теплопередачи и имеющие компактные размеры. К их достоинствам надо отнести также простоту в обслуживании.

При анализе сеточной диаграммы было принято решение отказаться от охладителя, поскольку целевая температура продукта несущественно отличается от достигнутой температуры в результате теплообмена – 37 °С.

Выбор пластинчатых теплообменников осуществлялся из ассортимента, выпускаемого фирмой Alfa Laval, и их расчет проведен в программе CAS 2000. Номенклатура подобранного теплообменного оборудования приведена в табл. 2.

В результате была сформирована принципиальная технологическая схема реконструированной установки концентрирования NaOH.

Таблица 2 – Параметры теплообменного оборудования

Теплообменник	Тип	Число пластин	Компоновка	Площадь поверхности, м ²	Цена, грн (без НДС)
T1	TL10P	45	2·11H+2·11H	22,5	414513
T2	TL3B	18	1·8MH / 1·9ML	1,341	51843
T3	TL6B	27	1·(10H+3ML) / 1·(10H+3MH)	6,385	138765
T4	M3	46	1·23L / 1·22L	1,472	63360
H	CB77	40	1·19LW / 1·20LG	4	69828

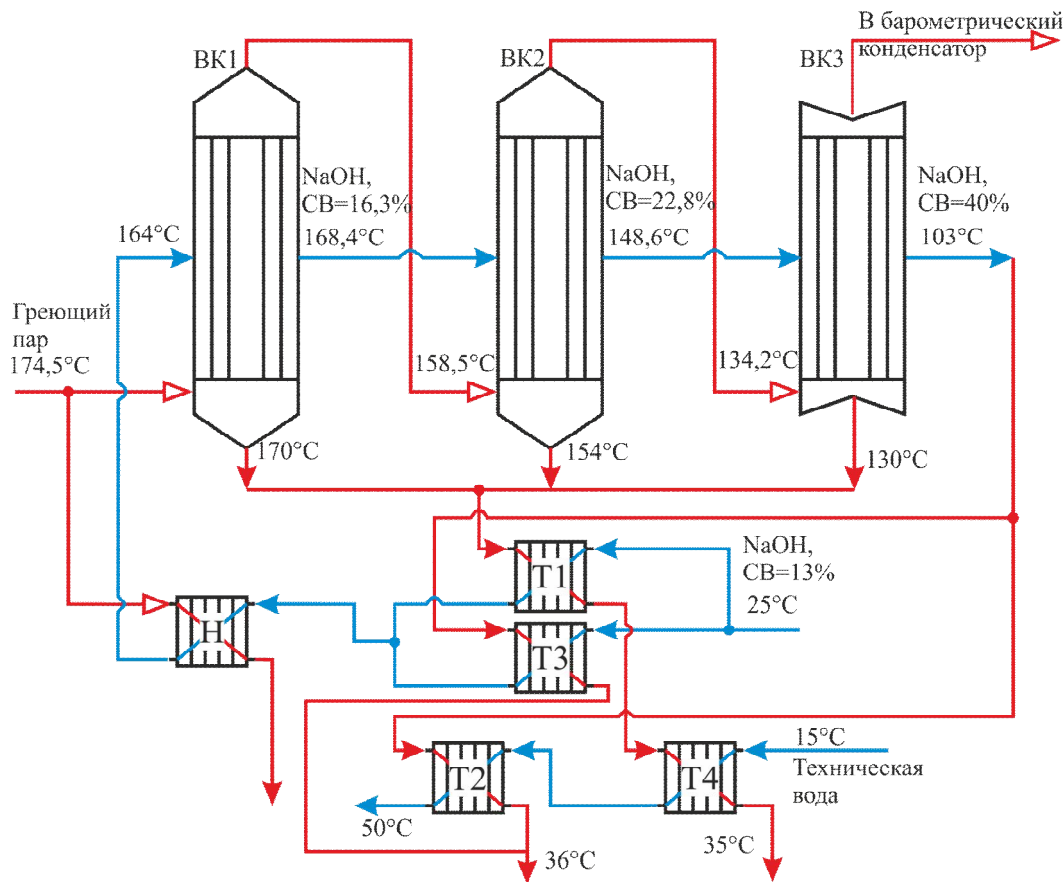


Рис. 5 – Принципиальная технологическая схема после реконструкции

Экономическая оценка проекта модернизации. Предлагаемый проект модернизации позволяет осуществить экономию мощности потребляемого пара на 1562,2 кВт, холодной воды – на 1570,3 кВт. При цене на газ для промышленности 12249,6 грн за 1000 м³ [7] экономия на стоимости внешних утилит составит 13 578 820 грн в год. Капитальные затраты составят 1 477 356 грн.

Таким образом, будет получена эффективность капитальных вложений 7,3 грн/грн. Расчетный срок окупаемости проекта около 2 месяцев.

Выводы.

1. Анализ составных кривых технологических потоков процесса и их относительное положение на температурно-энтальпийной диаграмме для различных значений ΔT_{\min} показал, что для $\Delta T_{\min} < 11,7$ °C мощность потребляемых внешних утилит остается постоянной, то есть сформулированная проблема представляет собой пороговую задачу;
2. С учетом локализации места наибольшего сближения составных кривых на температурно-

энтальпийной диаграмме по оси температур при отсутствии необходимости в холодных утилитах – охлаждающей воды, был выбран подход к решению рассматриваемой задачи. Был обоснован выбор минимальной температурной разности в теплообменном оборудовании 12 °С и спроектирована сеть теплообменного оборудования, реализующая максимальную рекуперации тепла.

3. Оптимизация сети теплообменников позволила уменьшить капитальные затраты при незначительном увеличении мощности потребляемых горячих утилит – греющего пара.

4. Экономическая оценка разработанного проекта сети при использовании пластинчатых теплообменников, показала, что срок его окупаемости составит около двух месяцев.

Список литературы

1. Hasurkar A., Malabade R., Vasudevan A., Chaudhary M., Khanwalkar P. Optimization of Heat Energy Network in a Boiler System Using Pinch Technology. *Transactions on Electrical and Electronics Engineering*, 2013. Vol.1, №5, – pp. 9–12.
2. Ahmetovich E., Suljkanovich M., Kravanjab Z., Marechal F., Ibrica N., Kermanic M., Bogatajb M., Chuchek L. Simultaneous Optimization of Multiple-Effect Evaporation Systems and Heat Exchanger Network. *Chemical engineering transactions*, 2017, 61, – pp. 1399–1404.
3. Babak T., Golubkina O., Ponomarenko E., Solovey L., Khavin G. The investigation of the process streams integration in the multi-effect evaporation plant for the concentration of sorghum syrup. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, 3/8 (93), – pp. 52–58.
4. Смит Р., Клемеш Й., Тovaжньанський Л.Л., Капустенко П.А., Ульєв Л.М. Основи інтеграції теплових процесів / Харків. НТУ «ХПІ». 2000, – 458 с.

5. Kemp I.C. Pinch Analysis and Process Integration. A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy / Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA, 2007, – 396 p.
6. Introduction to Pinch Technology. Linnhoff March. Targeting House, Gadbrook Park, Northwich, Cheshire CW9 7UZ, England, 1998, – 63 p.
7. <https://economics.unian.ua/industry/10243512-gaz-dlya-promislovosti-podorozhchaye-z-veresnya.html>

References (transliterated)

1. Hasurkar A., Malabade R., Vasudevan A., Chaudhary M., Khanwalkar P. Optimization of Heat Energy Network in a Boiler System Using Pinch Technology. *Transactions on Electrical and Electronics Engineering*, 2013. Vol.1, No.5. – pp. 9–12.
2. Ahmetovich E., Suljkanovich M., Kravanjab Z., Marechal F., Ibrica N., Kermanic M., Bogatajb M., Chuchek L. Simultaneous Optimization of Multiple-Effect Evaporation Systems and Heat Exchanger Network. *Chemical engineering transactions*, 2017, 61, – pp. 1399–1404.
3. Babak T., Golubkina O., Ponomarenko E., Solovey L., Khavin G. The investigation of the process streams integration in the multi-effect evaporation plant for the concentration of sorghum syrup. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, 3/8 (93), – pp. 52–58.
4. Smit R., Klemesh, Y., Tovazhnyansky, L.L., Kapustenko, P.A., Ulyev. L.M. *Osnovy integratsii teplovykh protsessov / Kharkov. NTU «KhPI»*. 2000, – 458 p.
5. Kemp I.C. Pinch Analysis and Process Integration. A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy / Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA, 2006, – 396 p.
6. Introduction to Pinch Technology. Linnhoff March. Targeting House, Gadbrook Park, Northwich, Cheshire CW9 7UZ, England, 1998, – 63 p.
7. <https://economics.unian.ua/industry/10243512-gaz-dlya-promislovosti-podorozhchaye-z-veresnya.html>

Надійшла (received) 17.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бабак Тетяна Геннадіївна (Бабак Татьяна Геннадиевна, Babak Tatiana Gennadiivna) – доцент кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2944-5110>; e-mail: tgababak@gmail.com

Биканов Сергій Миколайович (Быканов Сергей Николаевич, Bykanov Serhii Mykolaiovych) – кандидат технічних наук, доцент кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7642-9415>; e-mail: sergiobyk1980@gmail.com

Соловей Людмила Валентинівна (Соловей Людмила Валентиновна, Solovey Ludmila Valentynivna) – ст. викладач кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5308-6782>; e-mail: ludsol@ukr.net

Ус Вячеслав Анатолійович (Ус Вячеслав Анатольевич, Us Viacheslav Anatoliiovych) – магістр кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1537-346X>, e-mail: slavik270597@gmail.com

УДК 378.65.011.56

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.07

О. П. ПРИЩЕНКО, Т. Т. ЧЕРНОГОР**АНАЛІЗ ПРИКЛАДІВ ЗАСТОСУВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ В ХІМІЧНІЙ ТА ХАРЧОВІЙ ТЕХНОЛОГІЇ**

В статті наведено приклади використання диференціальних рівнянь в хімічній та харчовій технології. Зокрема, диференціальні рівняння широко використовуються в різноманітних галузях сучасної науки і техніки. Тому теорія диференціальних рівнянь, як окрема тема в курсі вищої математики, посідає важливе місце в системі підготовки фахівців з механіки, фізики, електротехніки, хімії та машинобудування. Показана можливість використання диференціальних рівнянь при розв'язанні різноманітних хімічних задач.

Ключові слова: хімія, диференціальне рівняння, реакція першого порядку, речовина, концентрація речовини, швидкість реакції, математична хімія, хімічна задача, математика в хімії.

О. П. ПРИЩЕНКО, Т. Т. ЧЕРНОГОР**АНАЛИЗ ПРИМЕРОВ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ХИМИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

В статье приведены примеры решения дифференциальных уравнений в химической и пищевой технологии. В частности, дифференциальные уравнения широко используются в разнообразных областях современной науки и техники. Поэтому теория дифференциальных уравнений, как отдельная тема в курсе высшей математики, занимает важное место в системе подготовки специалистов по механике, физике, электротехнике, химии и машиностроению. Показана возможность использования дифференциальных уравнений при решении разнообразных химических задач.

Ключевые слова: химия, дифференциальное уравнение, реакция первого порядка, вещество, концентрация вещества, скорость реакции, математическая химия, химическая задача, математика в химии.

O. P. PRISHCHENKO, T. T. CHERNOGOR**ANALYSIS OF EXAMPLES OF APPLYING DIFFERENTIAL EQUATIONS IN CHEMICAL AND FOOD TECHNOLOGIES**

The article deals with applying mathematics in chemistry and chemistry-technology. Specifically, differential equations are extensively used in various fields of science and technology. That is why the theory of differential equations, as a separate topic in the course of higher mathematics, is of major importance in educational system of future mechanics, physicists, electrical engineers, chemists, mechanical engineers etc. A possibility of using differential equations in solving various chemical problems is demonstrated. Some chemical technology problems are exemplified whose general solution is reduced to separating variables equations, first-order linear differential equations, second-order linear homogeneous differential equations. It is noteworthy that in solving chemical technology problems we deal with all of these types of differential equations. First-order homogeneous differential equations are applied in solving the following problems: chemical compounds chlorination; chemical agent consumption with maximum end product yield in complex reactions. Second-order non-homogeneous differential equations with constant coefficients are used in solving problems of a system of reverse reactions running at constant volume; continuous hydrolysis of solid fat in a spray column. Second-order differential equations which allow reduction of order are utilized for problems such as liquid movement in capillaries. Second-order linear non-homogeneous differential equations with constant coefficients are applied to solve various problems, e.g. to find a law of motion of a particle that falls as a precipitate in a liquid having no initial velocity.

Keywords: chemistry, differential equations, first-order reaction, substance, substance concentration, reaction rate, mathematical chemistry, chemical problem, mathematics in chemistry.

Вступ. Можливості розвитку компетентностей міжвузівських комплексних проєктів тісно пов'язані з питаннями класифікації усіх видів взаємозв'язків дисциплін у межах курсів за навчальними програмами, а також вибором додаткових універсальних компетентностей. Математика для інженерів хіміків-технологів – це в першу чергу корисний інструмент для розв'язання багатьох хіміко-технологічних проблем та задач. Важко знайти такий розділ математики, який зовсім не використовується для вирішення цих проблем на усіх стадіях їх аналізу. Зокрема, основу статистичної термодинаміки складає теорія ймовірностей, органічна хімія для передбачення властивостей складних органічних молекул використовує теорію графів, основний інструмент хімічної кінетики – диференціальні рівняння, хімічна термодинаміка широко використовує методи топології та диференціальної геометрії [1–9].

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

наукового дослідження викладачів та студентів є підвищення конкурентоспроможності української технічної освіти на світовому ринку шляхом розробки та впровадження інноваційних моделей та методів. Хімічна та харчова технології вивчають властивості різновидів сировини та продуктів, залежність їх властивостей від умов технологічних режимів – температури, тиску, концентрації та ін. Тому дуже часто хімікам-технологам доводиться досліджувати функції однієї або кількох змінних. Як відомо, основний спосіб дослідження функції це аналіз її похідної [10–18]. Наприклад, при розв'язанні завдань з фізико-хімічним змістом можна рекомендувати таку послідовність дій:

1. Встановити, яким законом підпорядковується даний процес та вирішити, що вибрати за незалежну змінну (наприклад, час t) і що за шукану функцію (наприклад, $x = x(t)$).

2. Виходячи з умов завдання визначити початкові умови (наприклад, $x_0 = x(t_0)$).

© Прищенко О.П., Черногор Т.Т., 2018

3. Відобразити всі наявні в задачі величини через t, x, x' , використовуючи при цьому фізичний зміст похідної як швидкості зміни змінної x в досліджуваному процесі.

4. Виходячи з умов завдання та на підставі фізичного закону, якому підпорядковується даний процес, скласти диференціальне рівняння.

5. Знайти загальний інтеграл диференціального рівняння.

6. За початковими умовами знайти частинний розв'язок.

При розв'язанні великої кількості фізико-хімічних задач слід знати, що швидкість зміни змінної величини пропорційна значенням цієї змінної в першій степені. Такі процеси називаються процесами першого порядку і описуються рівнянням:

$$\frac{dx}{dt} = kx.$$

У разі хімічної реакції величини, що входять до неї, означають: x – кількість речовини в одиниці об'єму, k – постійну величину при заданій температурі (стала швидкості реакції), t – час.

До таких процесів слід віднести радіоактивний розпад, зміна концентрації розчину, хімічну реакцію, що протікає відповідно до стехіометричного рівняння типу $A \rightarrow B$, закон охолодження тіла та ін.

Викладання основного матеріалу досліджень.

Розглянемо деякі задачі для розв'язання яких застосовуються диференціальні рівняння.

Приклад. Ємність, стінки якої утворюють деяку поверхню обертання з вертикального віссю, наповнена рідиною до висоти h . Нехай у дні посудини зроблено отвір з площею f , через який рідина витікає з посудини. Потрібно визначити час, необхідний для того, щоб рідина опустилася до заданого рівня або витекла повністю. За умови, що протягом всього процесу не відбувається припливу рідини в посудину і що різницею тиску повітря в поверхні і у вихідного отвору можна знехтувати, визначити час, який знадобиться для того, щоб рівень рідини в циліндричній посудині знизився внаслідок витікання рідини на $0,6$ м, якщо діаметр циліндричної посудини 3 м, отвір у дні посудини має діаметр 57 мм, посудина, наповнена рідиною до $1,8$ м. Визначити, через скільки часу витече вся вода з посудини.

Розв'язання. Кількість рідини dQ , що впливає за час $d\tau$ зі швидкістю ω_1 через отвір, очевидно, одно $f\omega_1 d\tau$. Рівень рідини, поверхня F якої протягом часу $d\tau$ буде вважатися незмінною, знизиться за цей час з деякою швидкістю ω на висоту $\omega d\tau$, а отже, обсяг рідини в посудині зменшиться на величину $F\omega d\tau$. Ця величина повинна дорівнювати величині dQ . Звідси отримуємо:

$$dQ = f\omega_1 d\tau = F\omega d\tau \tag{1}$$

$$\text{або } f\omega_1 = F\omega. \tag{2}$$

Згідно із законом, швидкість ω_1 витікання рідини з отвору з площею поперечного перерізу f дорівнює швидкості, яку набуває вільно падаюче тіло, пройшовши відстань, рівну висоті стовпа рідини над отвором.

Введемо тепер прямокутну систему координат, взявши за вісь Ox вісь посудини, а за вісь Oy будь-яку перпендикулярну до неї пряму, що лежить в площині, з якою співпадала поверхня рідини на початку процесу (в момент $\tau = 0$). Вісь Ox направимо вертикально вниз. Тоді, згідно з вищевказаним законом ми отримаємо для швидкості витікання ω_1 з отвору в момент τ наступний вираз $\omega_1 = \sqrt{2g(h-x)}$, де g – прискорення сили тяжіння; h – початкова висота стовпа рідини (при $\tau = 0$); x – рівень в момент τ . Підставляючи значення ω_1 у формулу (2), отримаємо вираз для швидкості ω падіння рівня в момент τ :

$$\omega = \frac{f}{F} \sqrt{2g(h-x)} \tag{3}$$

Якщо ємність має форму вертикального циліндра або призми, то F постійна: якщо ж ємність являє собою тіло обертання, твірна якого має рівняння $y = f(x)$ (рис. 1), то $F = \pi y^2$.

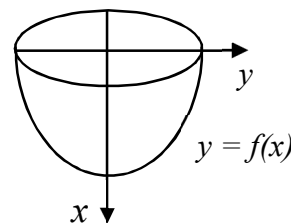


Рис. 1 – Графічна модель процесу

Підставляючи $\frac{dx}{d\tau}$ в рівняння (3) замість ω_1 ,

отримаємо:

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

Розв'язуючи рівняння, маємо:

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

Скористаємось початковими умовами: в початковий момент закінчення зниження рівня рідини дорівнює нулю. Значить, якщо $\tau = 0$, то $x = 0$.

Отже:

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

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

Отримавши формулу, що дозволяє визначити час, необхідний для опускання рідини до заданого рівня, підставимо в неї дані задачі і визначимо час, необхідний для того, щоб рівень рідини знизився на 0,6 м, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; $h = 1,8 \text{ м}$; $x = 0,6 \text{ м}$:

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

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

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

Для визначення часу, необхідного для того, щоб вся рідина витекла з посудини $x = h$, отримуємо формулу:

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

Приклад. Отримати рівняння хімічної реакції, що складається з двох реакцій першого порядку $A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ (послідовна реакція), за умови, що відомі сталі швидкості реакцій $x_{A_0}, x_{B_0}, x_{C_0}$, а також визначити концентрацію x_B в момент часу 120 с, якщо $x_{A_0} = 0,28 \text{ кмоль/м}^3$, $k_1 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, $k_2 = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, $x_{B_0} = 0$, $x_{C_0} = 0$.

Розв'язання. Нехай x_A, x_B, x_C – відповідно концентрації речовин A, B, C .

Рівняння швидкості реакцій для речовини A :

$$\frac{dx_A}{dt} = -k_1 x_A. \quad (4)$$

Речовина B утворюється з речовини A , тому швидкість утворення речовини B пропорційна концентрації речовини A у відповідний момент часу t . Сама речовина B є джерелом речовини C і швидкість розпаду (зворотного процесу утворення) речовини B пропорційна його концентрації у відповідний момент часу. Ці два процеси протікають одночасно; швидкість зміни кількості B визначається рівнянням [10–12, 14–17]:

$$\frac{dx_B}{dt} = k_1 x_A - k_2 x_B. \quad (5)$$

Швидкість реакції утворення речовини C визначається концентрацією x_B , відповідне рівняння має вигляд:

$$\frac{dx_C}{dt} = k_2 x_B. \quad (6)$$

Для рівняння (4) маємо:

$$x_A = x_{A_0} e^{-k_1 t}. \quad (7)$$

Якщо формулу (7) використаємо у рівняння (4) і (5), то отримаємо лінійне диференціальне рівняння першого порядку:

$$\frac{dx_B}{dt} + k_2 x_B = k_1 x_{A_0} e^{-k_1 t}.$$

Розв'язуючи це рівняння, отримаємо:

$$\frac{dx_B}{dt} + k_2 x_B = k_1 x_{A_0} e^{-k_1 t}, \quad x_B = U(t)V(t),$$

$$x'_B = U'(t)V(t) + U(t)V'(t),$$

$$U'V + UV' + k_2 UV = k_1 x_{A_0} e^{-k_1 t}, \quad V' + k_2 V = 0,$$

$$\int \frac{dV}{V} = -k_2 \int dt, \quad \ln V = -k_2 t, \quad V = e^{-k_2 t},$$

$$U' e^{-k_2 t} = k_1 x_{A_0} e^{-k_1 t},$$

$$dU = k_1 x_{A_0} e^{-(k_1 - k_2)t}, \quad U = \frac{k_1 x_{A_0}}{k_2 - k_1} e^{-(k_1 - k_2)t} + C,$$

$$x_B = \frac{k_1 x_{A_0}}{k_2 - k_1} e^{-(k_1 - k_2)t} e^{-k_2 t} + C e^{-k_2 t},$$

при $t = 0, x_B = x_{B_0}$:

$$x_{B_0} = \frac{k_1 x_{A_0}}{k_2 - k_1} + C; \quad C = x_{B_0} - \frac{k_1 x_{A_0}}{k_2 - k_1}$$

$$x_B = \frac{k_1 x_{A_0}}{k_2 - k_1} e^{-k_1 t} + x_{B_0} e^{-k_2 t} - \frac{k_1 x_{A_0}}{k_2 - k_1} e^{-k_2 t} = \quad (8)$$

$$= x_{B_0} e^{-k_2 t} + \frac{k_1 x_{A_0}}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}).$$

Зауважимо, що x_C легше визначити не з рівняння (6), а з рівнянь матеріального балансу (7) і (8).

Рівняння матеріального балансу має вигляд:

$$x_{A_0} + x_{B_0} + x_{C_0} = x_A + x_B + x_C; \quad \text{звідси}$$

$$x_C = x_{A_0} + x_{B_0} + x_{C_0} - x_A - x_B = x_{A_0} + x_{B_0} + x_{C_0} - x_{A_0} e^{-k_1 t} - x_{B_0} e^{-k_2 t} - \frac{k_1 x_{A_0}}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}).$$

Отримавши рівняння послідовної хімічної реакції, визначимо з рівняння (8) концентрацію x_B в заданий момент часу при заданих початкових умовах:

$$x = 0 \cdot e^{-5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 120} + \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,28}{5,5 \cdot 10^{-3} - 2,5 \cdot 10^{-3}} \cdot (e^{-2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 120} - e^{-5,5 \cdot 10^{-3} \cdot 120}) \approx 0,11 \text{ кмоль/м}^3$$

Приклад. Лівий кінець стержня, довжина якого дорівнює L підтримується при постійній температурі T_1 , а правий – при постійній температурі $T_2 < T_1$.

Стержень зроблений з металу з теплопровідністю λ у вигляді бруска малої товщини з периметром поперечного перерізу P м і площею перерізу A м². Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні стержня до навколишнього середовища α може бути прийнятий постійним.

Температура навколишнього середовища дорівнює T_s . Потрібно встановити зв'язок між температурою стержня в будь-якій точці і відстанню цієї точки від гарячого кінця, за умови, що стержень досить тонкий; якщо теплопровідність його велика, то ми можемо без суттєвої помилки знехтувати температурними градієнтами в напрямках, перпендикулярних до осі стержня, і прийняти постійну температуру в кожній точці поперечного перерізу, перпендикулярного осі Ox .

Розв'язання. Дослідимо процес розповсюдження тепла в елементарному відрізку довжиною dx на відстані x від того кінця стержня, температура якого t_1 (рис. 2).

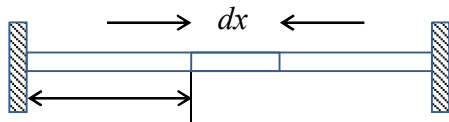


Рис. 2 – Графічна модель теплообміну

Кількість тепла, що проходить за час $d\tau$ через перетин стержня, що знаходиться на відстані x від початку стержня, згідно теорії теплопередачі, буде дорівнювати:

$$-\lambda A \frac{dT}{dx} d\tau.$$

Кількість тепла, що пройшло за час $d\tau$ через поперечний переріз, що знаходиться на відстані $x + dx$ від початку, буде:

$$-\lambda A \left(\frac{dT}{dx} + \frac{d^2T}{dx^2} dx \right) d\tau.$$

Ділянка стержня, розташована між перерізами, віддаленими від початку на відстанях x і $x + dx$, внаслідок теплопровідності набуває за час $d\tau$ кількість тепла, що дорівнює різниці вказаних кількостей, тобто:

$$\lambda A \frac{d^2T}{dx^2} dx d\tau.$$

За той же час втрата тепла від цієї ділянки в навколишнє середовище буде становити:

$$\alpha P dx (T - T_s) d\tau.$$

Але так як досліджуваний нами процес є стаціонарним, то

$$\lambda A \frac{d^2T}{dx^2} dx d\tau = \alpha P dx (T - T_s) d\tau.$$

Остаточно приходимо до наступного диференціального рівняння:

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \frac{\alpha P}{\lambda A} (T - T_s). \tag{9}$$

Нехай $\frac{\alpha P}{\lambda A} = a^2$. Зауважимо, що при $T_s = const$:

$$\frac{d(T - T_s)}{dx} = \frac{dT}{dx}, \quad \frac{d^2(T - T_s)}{dx^2} = \frac{d^2T}{dx^2}.$$

Тому рівняння може бути переписано у наступному вигляді:

$$\frac{d^2(T - T_s)}{dx^2} - a^2 (T - T_s) = 0.$$

Це рівняння має постійні коефіцієнти. Його загальний розв'язок буде:

$$T - T_s = C_1 e^{ax} + C_2 e^{-ax}. \tag{10}$$

При розв'язанні прикладних задач для знаходження довільних сталих можуть бути використані граничні умови: в початковій точці стержня, тобто при $x = 0$, $T = T_1$ та у кінцевій, тобто при $x = L$, $T = T_2$. Тоді з рівняння (10) знаходимо:

$$T_1 - T_s = C_1 + C_2; \quad T_2 - T_s = C_1 e^{aL} + C_2 e^{-aL}. \tag{11}$$

З цих рівнянь можна виразити C_1 і C_2 через відомі величини. Розв'язуючи рівняння (11) щодо C_1 і C_2 отримаємо:

$$C_1 = \frac{(T_2 - T_s) - (T_1 - T_s) e^{-aL}}{2 \operatorname{sh} aL},$$

$$C_2 = \frac{(T_1 - T_s) e^{aL} - (T_2 - T_s)}{2 \operatorname{sh} aL}.$$

Підстановка значень C_1 і C_2 в рівняння (11) дає:

$$T - T_s = \frac{(T_2 - T_s) \operatorname{sh} ax + (T_1 - T_s) \operatorname{sh} a(L - x)}{\operatorname{sh} aL}.$$

Отримавши рівняння, що встановлює залежність між температурою T і координатою x точки нагрітого стержня, визначимо, зокрема, температуру стержня завдовжки 1 м в точці, віддаленій від лівого кінця на відстань 0,4 м, за умови:

$$T_1 = 0; \quad \alpha = 10 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}, \quad \frac{A}{P} = 72,5;$$

$$\lambda = 330 \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{град}}; \quad a = \sqrt{\frac{\alpha P}{x A}} = 1,48.$$

$$T = 47,9 \cdot \text{sh}1,48 \cdot 0,4 + 95,8 \cdot \text{sh}1,48(1 - 0,4);$$

$$T = 126,7^\circ.$$

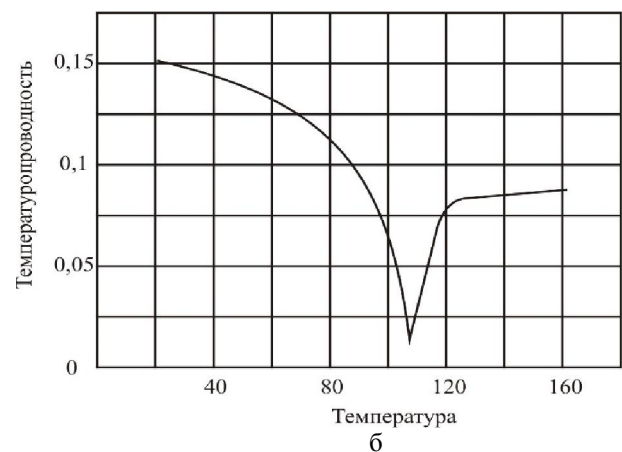
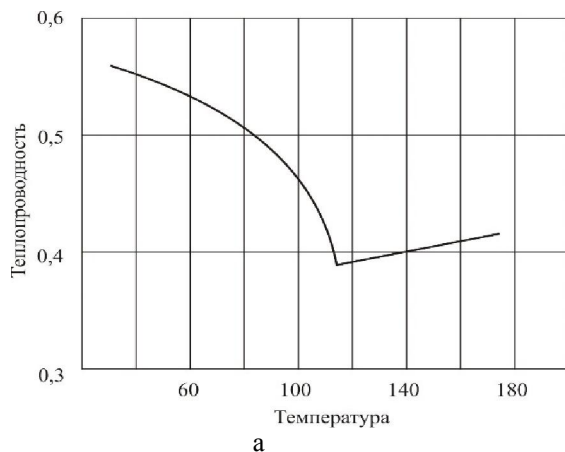


Рис. 3 – Залежність коефіцієнтів від температури для ПЭВП: а – теплопроводності; б – температуропроводности

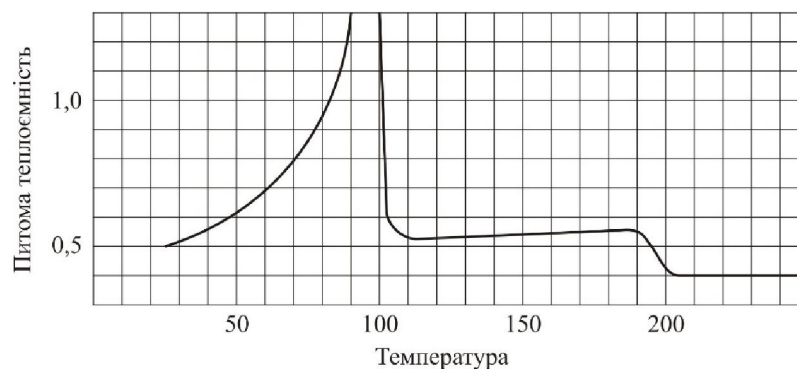


Рис. 4 – Залежність питомої теплоємності (c_p) від температури для ПЭВП

Різка зміна значень коефіцієнтів теплопроводності й температуропроводности при температурі фазового переходу пов'язана зі зміною значень c_p у цій області, як це показано на рисунку 4. Розтягнута область переходу пов'язана з полідисперсністю полімеру й розходженнями в здатності кристалізуватися для макромолекул різної довжини. В узагальненій формі незалежної від обраної системи координат рівняння теплопроводності має вигляд:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T + \frac{G}{\rho c_p},$$

де α – коефіцієнт температуропроводности; ∇^2 – оператор Лапласа для T ; G – інтенсивність внутрішнього тепловиділення в системі віднесена до одиниці об'єму, кал/см³·с.

Експериментальні залежності виготовленого з поліетилену виробу мають графічні залежності коефіцієнта теплопроводності λ (рис. 3а) і коефіцієнта температуропроводности α (рис. 3б), так само як і теплоємності c_p (рис. 4) нелінійного характеру, що ускладнює розв'язання математичного опису процесів теплопроводности [10–18].

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку. У пропонуваній роботі наведені деякі задачі хімічної технології, загальний розв'язок яких призводить нас до рівнянь з відокремлюваними змінними, до лінійних диференціальних рівнянь першого порядку, до лінійних однорідних диференціальних рівнянь другого порядку. Слід зазначити, що при розв'язанні задач хімічної технології ми зустрічаємося з усіма цими типами диференціальних рівнянь.

Так, з однорідним диференціальним рівнянням першого порядку ми зустрічаємося при розв'язанні задач: процес хлорування органічних сполук, витрата реагенту при максимальному виході цільового продукту в складних реакціях; з неоднорідними диференціальними рівняннями другого порядку зі сталими коефіцієнтами – при розв'язанні задач:

система оборотних реакцій, що протікають при постійному об'ємі, безперервний процес гідролізу твердого жиру в розпилювальній колонці; з диференціальними рівняннями другого порядку, що допускають зниження порядку – рух рідини в капілярах; з лінійним неоднорідними диференціальними рівняннями другого порядку зі сталими коефіцієнтами – при розв'язанні багатьох задач, зокрема, наприклад, при знаходженні закону руху частинки, що випадає в осад в рідині без початкової швидкості.

В даній статті ми розглянули тільки декілька прикладів, які дають уявлення про те, як математика використовується в хімії. Вони формують хоча, звичайно, неповне уявлення про задачі, які розв'язують хіміки за допомогою математики.

Взаємодія хіміків та математиків не обмежується розв'язання тільки хімічних задач. Інколи і в хімічній технології виникають абстрактні задачі, які приводять навіть до появи нових областей математики. Так, математики до цього часу працюють над доведенням другого закону термодинаміки, який є одним із основних законів хімії, а для самих інженерів хіміків його справедливості очевидно впливає із всіх відомих на цей час експериментальних даних про хімічні речовини, хімічні реакції і відповідні хімічні технології.

Список літератури

1. Высшая математика в примерах и задачах : учеб. пособ. : в 2 т. Т. 2 / Ю.Л. Геворкян, Л.А. Балака, С.С. Габриелян и др. ; под ред. Ю.Л. Геворкяна. – Харьков : Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2011. – 376 с.
2. Вища математика в прикладах і задачах : у 2 т. Т. 2 : Диференціальне та інтегральне числення функцій багатьох змінних. Диференціальні рівняння та ряди : навч. посіб. / Л.В. Курпа, Н.О. Кириллова, Г.Б. Лінник та ін. ; за ред. Л.В. Курпи. – Харків : НТУ «ХП», 2009. – 432 с.
3. Геворкян Ю.Л. Краткий курс высшей математики : учеб. пособ. : в 2 ч. Ч. 2 / Ю.Л. Геворкян, А.Л. Григорьев, Н.А. Чикина. – Харьков : Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2011. – 476 с.
4. Диференціальні рівняння та їх застосування : навч.-метод. посіб. / Прищенко О.П., Черногор Т.Т. – Харків : НТУ «ХП», 2017. – 88 с.
5. Ерёмин В. В. Математика в химии. – 2-е изд., испр. / В.В. Ерёмин. – М. : МЦНМО, 2016. – 64 с.
6. Збірник розрахунково-графічних завдань з вищої математики : у 2 ч. Ч. 2 / Н.О. Чікіна, А.М. Гайдаш, В.Д. Крупка та ін. ; за ред. Н.О. Чікіної. – Харків : Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2013. – 216 с.
7. Методические указания к решению расчетных заданий по теме «Дифференциальные уравнения и их приложения» по курсу высшей математики для студентов химических специальностей / сост. А.М. Мануйлова, Е.И. Орлова, Т.Т. Черногор и др. – Харьков : ХПИ, 1989. – 76 с.
8. Скатацкий В.Г. Математические методы в химии : учеб. пособ. для студентов вузов / В.Г. Скатацкий, Д.В. Свиридов, В.И. Яшкин. – Минск : ТетраСистемс, 2006. – 368 с.
9. Тевяшев А.Д. Вища математика у прикладах та задачах : у 3 ч. Ч. 3 : Диференціальні рівняння. Ряди. Функції комплексної змінної. Операційне числення : навч. посіб. / А.Д. Тевяшев, О.Г. Литвин. – Харків : ХНУРЕ, 2002. – 596 с.

Аналізуючи історію розвитку науки можна прийти до висновку, що на межах різних областей знань можуть виникати дуже цікаві явища. І хоча математики та інженери хіміки-технологи мислять зовсім по різному, ті випадки, коли їм вдається досягти взаємодії, призводять до появи а нетривіальних результатів і сприяють збагаченню обох цих наук. Завдяки таким діям можливо досягнути більш конкретизованих результатів за деякими питаннями з теми інноваційних досліджень.

Таким чином, заняття зі студентами та їх самостійна робота формують вміння при формулюванні висновків з проведеної роботи, наприклад, оформлення об'єктів ІВ [19–23]:

- класифікація об'єктів права інтелектуальної власності відповідно до діючого законодавства;
- обирання найбільш доцільного для кожного окремого випадку способу охорони права;
- оформлення відповідної документації в галузі охорони прав інтелектуальної власності.

При цьому у студентів виробляються необхідні навички: користування комп'ютерною технікою з метою виявлення закономірностей процесів та методів дослідження; проведення патентного пошуку та реалізації отриманих результатів; публічний захист наукової розробки, аналітичний компетентнісний аналіз наукової та прикладної частини і т.і.

10. Бухкало С. І. Деякі моделі процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену // *Вісник НТУ «ХП»*. Х.: НТУ «ХП». 2017, № 18 (1240), – с. 35–45.
11. Бухкало С. І. *Загальна технологія харчової промисловості: тестові завдання* (підручник з грифом МОНУ), Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 412 с.
12. 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.
13. Бухкало С.І. Математическое моделирование процессов ресурсо- и энергосбережения для полиэтиленовых отходов / Бухкало С.И., Кукленко Д.В., Борхович А.А. и др. // *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП». 2010, – № 32, – с. 117–122.
14. 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.
15. Бухкало С.І. Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ТПВ // *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП». 2016, – № 19 (1191), – с. 23–32.
16. Бухкало С.І. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / Бухкало С.И., Сериков А.В., Ольховская О.И. и др. // *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП». 2012, – № 10, – с. 160–166.
17. Бухкало С.І. Деякі моделі процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену // *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП». 2017, – № 18 (1240), – с. 35–45.
18. Бухкало С.І., Соловей В.М., Ігліні С.П., Ольховська О.І. та ін. Алгоритм управління ефективним очищенням стічних вод комплексних підприємств. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018*, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХП». – с. 204.
19. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф.*

- MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХПІ». – с. 205.
20. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І., Соловей В.М. Комплексні методи навчання як основа розвитку фахових компетентностей ВНЗ в НТУ «ХПІ» // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Х.: НТУ «ХПІ». 2017, № 18, – с. 9–19.
 21. Бухкало С.І., Іглін С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХПІ», 2016, № 3, – с. 52–57.
 22. Бухкало С.І., Білоус О.В., Демидов І.М. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015, № 1/6(73), – с. 22–26. Харьков : Технологический центр.
 23. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, Vol.70, (2018), pp.2047–2052.
- References (transliterated)**
1. Vysshaya matematika v primerah i zadachah : ucheb. posob. : v 2 t. T. 2 / Ju.L. Gevorkjan, L.A. Balaka, S.S. Gabrieljan i dr. ; pod red. Ju.L. Gevorkjana. – Har'kov : Vid-vo «Pidruchnik NTU «KhPI», 2011, – 376 p.
 2. Vishha matematika v prikladah i zadachah : u 2 t. T. 2 : Diferencial'ne ta integral'ne chislennja funkcij bagat'oh zminnih. Diferencial'ni rivnjannja ta rjadi : navch. posib. / L.V. Kurpa, N.O. Kirillova, G.B. Linnik ta in. ; za red. L.V. Kurpi. – Harkiv : NTU «KhPI», 2009, – 432 p.
 3. Gevorkjan Ju.L. Kratkij kurs vysshej matematiki : ucheb. posob. : v 2 ch. Ch. 2 / Ju.L. Gevorkjan, A.L. Grigor'ev, N.A. Chikina. – Har'kov : Vid-vo «Pidruchnik NTU «KhPI», 2011, – 476 p.
 4. Diferencial'ni rivnjannja ta ih zastosuvannja : navch.-metod. posib. / Prishhenko O.P., Chernogor T.T. – Harkiv : NTU «KhPI», 2017, – 88 p.
 5. Erjomin V. V. Matematika v himii. – 2-e izd., ispr. / V.V. Erjomin. – M. : MCNMO, 2016, – 64 p.
 6. Zbirnik rozrahunkovo-grafichnih zavdan' z vishhoj matematiki : u 2 ch. Ch. 2 / N.O. Chikina, A.M. Gajdash, V.D. Krupka ta in. ; za red. N.O. Chikinoj. – Harkiv : Vid-vo «Pidruchnik NTU «KhPI», 2013, – 216 p.
 7. Metodicheskie ukazaniya k resheniju raschetnyh zadaniy po teme «Diferencial'nye uravneniya i ih prilozheniya» po kursu vysshej matematiki dlja studentov himicheskikh special'nostej / sost. A.M. Manujlova, E.I. Orlova, T.T. Chernogor i dr. – Har'kov : KhPI, 1989, – 76 p.
 8. Skateckij V.G. Matematicheskie metody v himii : ucheb. posob. dlja studentov vuzov / V.G. Skateckij, D.V. Sviridov, V.I. Jashkin. – Minsk : TetraSistems, 2006, – 368 p.
 9. Tevjashev A.D. Vishha matematika u prikladah ta zadachah : u 3 ch. Ch. 3 : Diferencial'ni rivnjannja. Rjadi. Funkcii kompleksnoj zminnoj. Operacijne chislennja : navch. posib. / A.D. Tevjashev, O.G. Litvin. – Kharkiv : HNURE, 2002, – 596 p.
 10. Bukhhalo S. I. Dejaki modeli procesiv himichnogo spinjuvannja vtorinnogo polietilenu // *Visnik NTU «KhPI»*. Kharkov: NTU «HPI». 2017, № 18 (1240), – с. 35–45.
 11. Bukhhalo S. I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti: testovi zavdannja (pidruchnik z grifom MONU), Kiiv: Centr uchbovoї literaturi, 2014, – 412 p.
 12. Bukhhalo S. I., Iglin S. P. Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnih zmin pri ekspluatacij polimernih virobiv. Integrovani tehnologiji ta energozberezhennja. Kharkov: NTU «KhPI», 2016, No. 3, – pp. 52–57.
 13. Bukhhalo S.I. Matematicheskoe modelirovanie processov resurso- i jenergosberezhennja dlja polijetilenovyh othodov / Bukhhalo S.I., Kuklenko D.V., Borhovich A.A. i dr. // *Visnik NTU «HPI»*. – Kharkov: NTU «KhPI». 2010, No. 32, – pp. 117–122.
 14. Bukhhalo S.I. Dejaki vlastivosti polimernih vidhodiv u jakosti sirovini dlja energo- i resursozberigajuchih procesiv // *Integrovani tehnologiji ta energozberezhennja*. – Kharkov: NTU «KhPI». 2014. – No. 4. – pp. 29–33.
 15. Bukhhalo S.I. Modeli energetichnogo miksu dlja utilizacij polimernoї chastki TPV // *Visnik NTU «HPI»*. – Kharkov: NTU «HPI». 2016, No. 19 (1191), – pp. 23–32.
 16. Bukhhalo S.I. Ob utilizacij polimernyh othodov kak komplekse innovacionnyh proektov / Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. // *Visnik NTU «HPI»*. – Kharkov: NTU «KhPI». 2012, No. 10, – pp. 160–166.
 17. Bukhhalo S.I. Dejaki modeli procesiv himichnogo spinjuvannja vtorinnogo polietilenu // *Visnik NTU «HPI»*. – H.: NTU «HPI». 2017, No. 18 (1240), – pp. 35–45.
 18. Bukhhalo S.I., Solovej V.M., Iglin S.P., Ol'hov'ska O.I. ta in. Algoritm upravlinnja efektyvnim ochishhennjam stichnih vod kompleksnih pidpriemstv. Informacijni tehnologiji: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.І. Kharkov: NTU «KhPI». – p. 204.
 19. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tehnologiji: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.І. Kharkov: NTU «KhPI». – p. 205.
 20. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov'ska O.I., Solovej V.M. Kompleksni metodi navchannja jak osnova rozvitku fahovih kompetentnostej VNZ v NTU «KhPI» // *Visnik NTU «KhPI»*. Kharkov: NTU «KhPI». 2017, No. 18, – pp. 9–19.
 21. Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnih zmin pri ekspluatacij polimernih virobiv. Integrovani tehnologiji ta energozberezhennja. Kharkov: NTU «KhPI», 2016, No. 3, – pp. 52–57.
 22. Bukhhalo S.I., Bilous O.V., Demidov I.M. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listja gorihu volos'kogo ta kalendulr. *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij*. No.1/6(73), 2015, – pp.22–26. Harkiv : «Tehnologicheskij centr».
 23. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 2018, Vol.70, – pp.2047–2052.

Надійшла (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

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

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

УДК 678.17:665.347

doi:10.2099882220-4784.2018.40.08

С. І. БУХКАЛО, С. П. ІГЛІН, Ю. М. ГЛАВЧЕВА, Н. М. МИРОШНИЧЕНКО**МОЖЛИВОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ СКЛАДОВИХ КОМПЛЕКСНИХ ПРОЕКТІВ**

У матеріалах представлені можливості розробки і визначення складових комплексних проектів – як об'єктів інтелектуальної власності. Розробки проведені з метою вибору сучасних високоефективних науково-обґрунтованих технологій використання відходів різних галузей промисловості на складному підприємстві, яке може забезпечити всі свої енергетичні потреби самостійно. Деякі особливості можливостей рішення засновані на експериментальних даних розробки механізмів ідентифікації-класифікації процесів і їх наукового обґрунтування у вигляді об'єктів інтелектуальної власності або дистанційної освіти. Проблема утилізації відходів розглядається у вигляді складних комплексу процесів, досліджень і аналізу енерго- і ресурсозберігаючих складових для відходів різного походження. Дослідження можуть бути використані для вибору методів повторної переробки, модифікації або утилізації, а також обладнання для переробки або інших стадій комплексних проектів.

Ключові слова: інтелектуальна власність, дистанційна освіта, комплексні інноваційні проекти, науково обґрунтовані методи, екологічна безпека.

С. И. БУХКАЛО, С. П. ИГЛИН, Ю. Н. ГЛАВЧЕВА, Н. Н. МИРОШНИЧЕНКО**ВОЗМОЖНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОМПОНЕНТОВ СОСТАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСНЫХ ПРОЕКТОВ**

В материалах представлены возможности разработки и определения составляющих комплексных проектов – как объектов интеллектуальной собственности. Разработки проведены с целью выбора современных высокоэффективных научно-обоснованных технологий использования отходов различных отраслей промышленности на сложном предприятии, которое может обеспечить все свои энергетические потребности самостоятельно. Некоторые особенности возможностей решения основаны на экспериментальных данных разработки механизмов идентификации-классификации процессов и их научного обоснования в виде обетов интеллектуальной собственности или дистанционного образования. Проблема утилизации отходов рассматривается в виде сложных комплекса процессов, исследований и анализа энерго- и ресурсосберегающих составляющих для отходов различного происхождения. Исследование могут быть использованы для выбора методов повторной переработки, модификации или утилизации, а также оборудования для переработки или других стадий комплексных проектов.

Ключевые слова: интеллектуальная собственность, дистанционное образование, комплексные инновационные проекты, научно обоснованные методы, экологическая безопасность.

S. I. BUKHKALO, S. P. IGLIN, Yu. N. HLAVCHEVA, N. N. MIROSHNICHENKO**POSSIBILITIES ANALYSIS FOR INTEGRATED INNOVATIVE PROJECTS**

The materials presented the possibilities development researches of properties of technical and technological innovation systems – integrated technologies. The materials are devoted to the results of researches of properties of technical and technological innovations of modern systems as object intellectual property and distance learning, and also to the methods, models and systems of their mathematical description in the power studies and baseness. In this, phase of work in NTU KhPI" – studies the possibility of increasing the economic efficiency of alternative energy sources. A review of the literature and the necessary articles written on the subject: as technologies and economies develop and become more complex, energy needs increase greatly; types and evidence-based methods of alternative energy, as well as the possibility of calculating the basic set of main economic indicators are classified; identified possible areas of work in obtaining the necessary information and results. Energy is a fundamental input for economic ecological safety systems. Current economic activity depends overwhelmingly on fossil fuels including oil, coal, and natural gas. The history of industrial civilization is a history of energy transitions. In less developed, agrarian economies, people's basic need for food calories is provided through simple forms of agriculture, which is essentially a method of capturing solar energy for human use. As economies develop and become more complex, energy needs increase greatly.

Keywords: intellectual property, distance learning, integrated technologies, evidence-based methods, ecological safety.

Вступ. Процес подальшого реформування та розвитку української освіти неможливий без урахування особливостей та деяких проблем напрацьованого наукового і педагогічного досвіду [1–4] у вигляді об'єктів інтелектуальної власності та дистанційної освіти. Посилення конкурентної боротьби за право участі зі своєю продукцією на ринку певної галузі є ознакою сучасної промисловості [3–7]. При цьому значне місце на ринках окрім традиційної матеріальної продукції захоплює інтелектуальна власність [8–11]. Аналіз можливостей дистанційної освіти для виконання міжвузівських комплексних проектів студентами вищих навчальних закладів (ВНЗ) є обов'язковою

складовою підготовки викладачів та студентів до інноваційної діяльності [1, 2–16].

Серія Вісника НТУ «ХПІ» Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів працює з 2009 року, за цей час видано 15 збірників наукових праць. Журнал присвячено результатам наукової діяльності викладачів та наукових співробітників вищих навчальних закладів (ВНЗ), дослідженням особливостей технологічних, технічних і енергетичних інновацій сучасних інтегрованих систем, а також методам, моделям та системам їх математичного опису.

© Бухкало С.І., Іглін С.П., Главчева Ю.М., Мірошниченко Н.М., 2018

Розглядаються також різновиди активізації компетентнісного підходу викладачів і студентів до розробок з інноваційного комплексного проектування студентів починаючи з 2 курсу і далі бакалаврат, магістратура, аспірантура, захист дисертації і т.і. У журналі надруковані за цей час ланцюжки вищевказаних робіт як для нашого так і інших ВНЗ України у співпраці. Журнал активно співпрацює з членами Української асоціації хімічної та харчової інженерії, яка є структурною складовою частиною Європейської федерації хімічної інженерії.

Так, наприклад, кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів й менеджменту та оподаткування НТУ «ХПІ» у 2017–2018 навчальному році провели згідно з планом комплексного інноваційного проектування підсумковий етап-презентацію за загальною темою «Аналіз можливостей менеджменту комплексних інноваційних проектів енергетичного міксу». До вирішення та розробки основної теми залучалися студенти НТУ «ХПІ» факультетів: ТОП групи О-45а, б, в; БФ – групи БФ-15а,б за дисциплінами «Загальна технологія харчових виробництв», «Методи прийняття управлінських рішень», «Стратегічне управління», організаційними змінами», «Операційний менеджмент» та ін. Темі проекту «Дослідження техніко-екологічних можливостей очищення технічної води за сучасними методами», «Загальні методи прийняття управлінських рішень для 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. При проведенні проектування студенти отримали глибокі знання з курсів та компетентнісні навички до проведення самостійної наукової роботи.

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

1. Аналіз сучасного стану проблеми. Для сучасних методів навчання наявність об'єктів інтелектуальної власності є обов'язковим складовим елементом системи комплексного оволодіння методами компетентнісного аналізу інноваційних об'єктів промисловості. Організація якісної освіти позитивно впливає на інтелектуальний потенціал держави – Україна має шанс активно приєднатися до цього процесу та проводити дослідження у напрямках розробки стандартів, форм і методів такого типу навчання [3, 12–15].

Дослідження обумовлене проблемою забезпечення якості освіти сучасної молоді з метою активної участі у комплексних інноваційних міжвузівських проектах. На викладача покладаються такі функції, як координування пізнавального

процесу, корегування курсу, консультування при складанні індивідуального навчального плану, управління учбовими проектами тощо. Гуманізація освіти як провідна складова тенденція її розвитку означає спрямованість освіти до студентів, створення умов для прояву і розвитку їх індивідуальності на усіх етапах навчання у різновидах ВНЗ [10–16]. Такі умови сприяють захисту людства взагалі і студентів зокрема від небезпеки втрати ними своєї унікальності, відчуження від життя, світу природи і культури; вони спрямовані на максимальне задоволення вищих потреб людини в самоактуалізації, самореалізації, професійному і соціальному становленні [12–17, 21, 22].

2. Визначення основних критеріїв дослідження. Відповідно з компетентнісним підходом до професійної підготовки майбутній фахівець повинен набути досвіду творчої, дослідницької та соціальної діяльності, які формуються саме в процесі самостійної роботи студентів.

Формування того чи іншого типу культури відбувається в певних соціально-економічних умовах і відображає організаційно-технічні аспекти способу виробництва.

Переваги дистанційного навчання перед традиційним: гнучкість – навчання може відбуватися в будь-який зручний час; вибірковість; об'єктивність; географічне охоплення – студенти з віддалених регіонів країни може отримати якісну освіту і консультацію висококваліфікованих фахівців; формування навичок.

У якості складової літературного огляду дистанційної освіти треба створювати огляди різновидів статей (наприклад, серія Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів Вісника НТУ «ХПІ») та патентів з урахуванням наукових та практичних завдань України та Світу [11–19]. Серія Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів Вісника НТУ «ХПІ» працює з 2009 року, вона присвячена освітленню як загальних питань освіти студентів, так і вирішенню окремих науково-технічних проблем інтеграції процесів; енергоефективній реконструкції або модернізації складних хіміко-технологічних систем; дослідженню різновидів властивостей сучасних технологічних систем відповідно до вимог проектів, методи, моделі та системи їх математичного опису:

- варіативність завдання та результатів функціонування комплексних інноваційних проектів;
- урахування технологічних та інших особливостей процесів, які залежать від великої кількості факторів;
- ключові компетенції, особливості інфраструктури, тип и стан усіх складових проекту.

У серії представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень і розробок, які показують здатності фахівців до інноваційної діяльності, роботи виконані студентами і

викладачами вищої школи, аспірантами і докторантами, науковими співробітниками, фахівцями різних організацій і підприємств.

У публікаціях тематичного випуску висвітлено широке коло проблем: інноваційні технології та розробки в різних галузях промисловості; моделювання як інструмент інноваційного розвитку; енерго- і ресурсозбереження як задачі й технології інновацій; інноваційні заходи для оцінки екологічного, економічного та соціально-правового статусу та стану підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Аналіз педагогічної літератури і освітньої практики, а також проведення власного експерименту викладача і студентів дозволяє виділити сукупність професійно орієнтованих якостей патентоспроможності досліджених об'єктів, формуванню яких також сприяє і самостійна робота студентів (рис. 1).

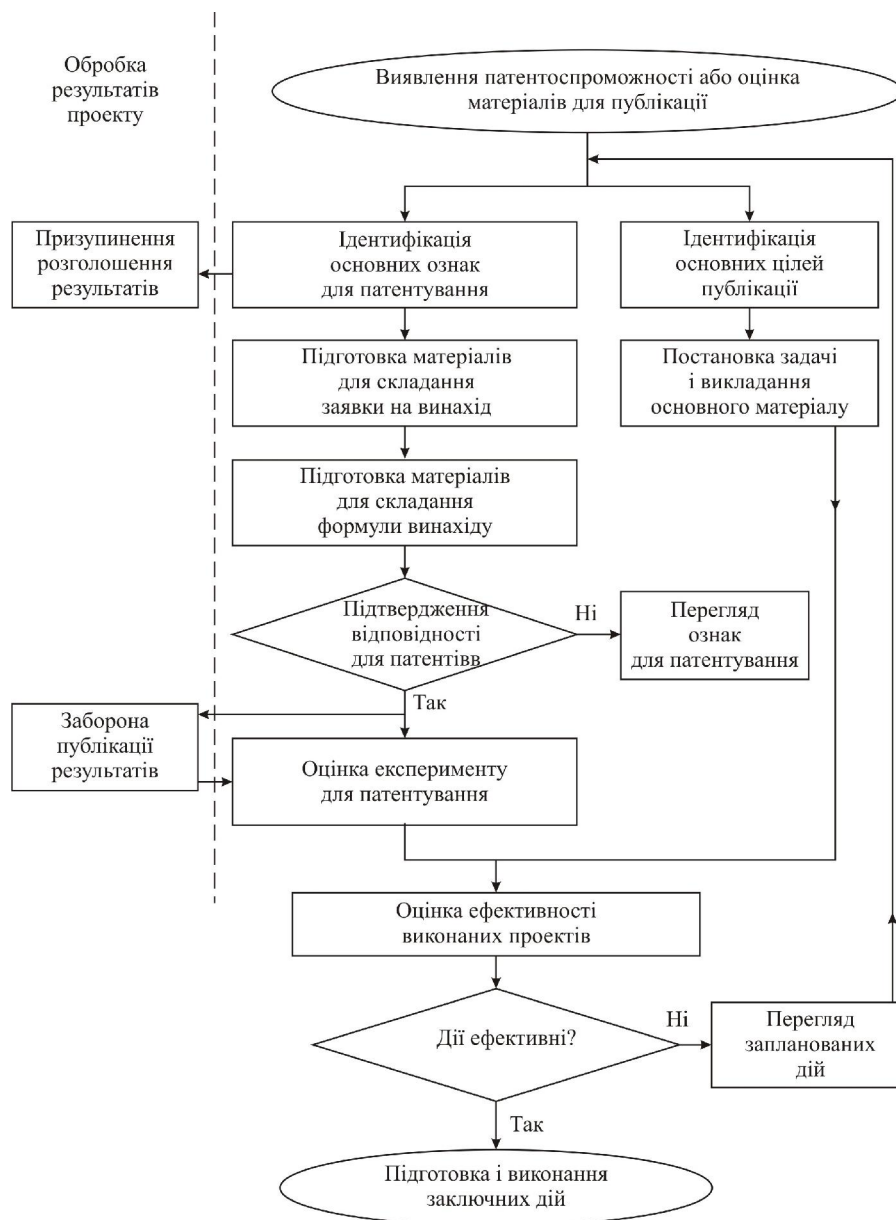


Рис. 1 – Оптимізація виявлення патентоспроможності отриманих результатів наукових досліджень

При написанні цієї роботи були використані різновиди матеріалів інтелектуальної власності та дистанційної освіти у вигляді наукових статей та тез міжнародних конференцій, що присвячені аналізу проблем та перспектив розвитку навчання студентів

вищих навчальних закладів (ВНЗ) у рамках виконання комплексних інноваційних проектів [1–24]. Алгоритм співпраці підготовки й виконання комплексного проекту має наступні дії подальшої розробки об'єктів інтелектуальної власності: осмислення і аналіз

завдання; пошук можливих варіантів рішення; узагальнення накопичених даних та їх аналіз; отримання розрахункових залежностей, реалізація обчислень та аналіз результатів; введення у якості інноваційної складової проекту – співпраця та адаптація у роботі над проектом усіх ланцюгів. З результатів аналітичного та виконаного теоретичного та експериментального дослідження (рис. 2) стало відомо, що визначення, наприклад, зміни властивостей ($1 \rightleftharpoons 1'$), складових частин об'єкту (4), зміни агрегатного стану ($3 \rightleftharpoons 3'$) та температурно-часових характеристик ($2 \rightleftharpoons 2'$) надають певні зв'язки з подальшим функціонуванням системи за розробленою функціональною схемою (рис. 2 та 3).

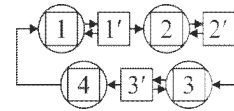


Рис. 2 – Визначення зміни властивостей об'єкту

Для розробки студентами об'єктів інтелектуальної власності комплексних проектів (статей, тез конференцій або патентів – залежно від підсумку складових участі студентів у проекті) розглянуті науково-обґрунтовані технології виробництва вторинної сировини або проведення стадії утилізації-модифікації [3, 8–12].

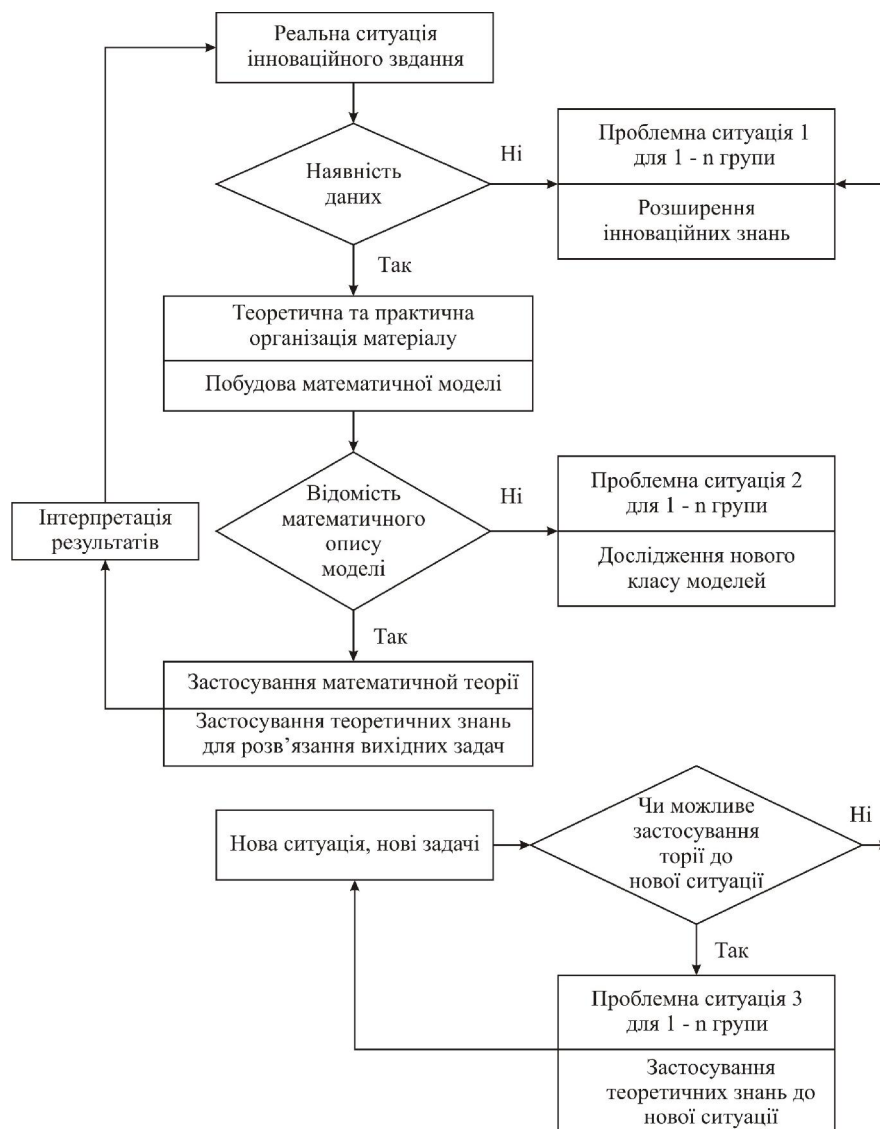


Рис. 3 – Оптимізація оцінки отриманих результатів наукових досліджень

Результати наукових досліджень представлені вченими, фахівцями і студентами, як навчальних вузів, НАНУ та НДЦ, так і виробничих підприємств багатьох областей України.

Визначною особливістю навчальної технології є наявність основних специфічних складових оптимально організованого комплексного інноваційного проекту як нової форми навчання:

- високий ступінь компетентності в розглянутій проблемі викладачів-організаторів й, як правило, наявний достатній практичний та теоретичний досвід і зацікавленість з питань вирішення нестандартних технічних проблем у студентів;

- професійна методична підготовка викладачів-організаторів до керування комплексним проектом і досить високий рівень імпровізації з боку студентів, що обумовлює необхідність контролю викладача за процесом отримання кінцевого результату проекту;

- основні цілі коригуючих дій викладачів – ідентифікація, виділення та усунення справжніх причин невідповідності отриманих результатів з метою направлення до інноваційного результату у розробці комплексного проекту у цілому.

Показниками якісної підготовки фахівця можна прийняти два основні інтегральні критерії:

- кількість часу, необхідне випускникові ВНЗ для адаптації на робочому місці у відповідності зі своєю спеціальністю;

- кількість «споріднених» (суміжних) спеціальностей, за якими випускник може працювати без значних витрат часу й сил на їхнє освоєння.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку. Підводячи підсумки вищесказаному, можна відзначити, що ВНЗ буде успішно розвиватися тільки в тому випадку, якщо він буде готувати конкурентоспроможних фахівців і підвищення якості навчання стане справою всього колективу навчального закладу.

Треба відзначити, що за роки комплексного проектування нашим колективом тільки у тематичному випуску «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів» Вісника НТУ «ХПІ» за інноваційною тематикою проекту опубліковано 22 статті як керівників проекту, так і сумісних статей зі студентами різних ВНЗ, курсів та факультетів. З цими роботами можна ознайомитися на сайті НТУ «ХПІ» та у процесі роботи секції школи-семінару.

Організація самостійної роботи студентів в процесі навчання як педагогічна проблема у межах дистанційної освіти має складові:

- аналіз теоретичних підходів до організації самостійної роботи студентів ВНЗ;

- дидактичні основи дистанційного навчання в процесі підготовки студентів;

- методи комплексних інноваційних проектів як основа організації самостійної роботи студентів в процесі навчання;

- визначення принципів організації самостійної роботи студентів в процесі навчання на основі поєднання дистанційного навчання та методу проектів;

- моделі організації самостійної роботи на основі поєднання дистанційного навчання та методу проектів в процесі підготовки студентів технічних ВНЗ;

- педагогічні умови організації самостійної роботи студентів технічного ВНЗ в процесі підготовки до захисту проектів;

- видання підручників та методичних рекомендацій щодо організації самостійної роботи студентів в процесі навчання на основі поєднання дистанційного навчання та методу проектів;

- педагогічний експеримент по оцінці рівня організації роботи в проектній діяльності студентів технічного ВНЗ в процесі підготовки на основі дистанційного навчання у вигляді презентації.

Слід відзначити, що фактично в Україні зараз з об'єктивних обставин дуже мало наукових, науково-технічних (НТР) та дослідно-конструкторських робіт (ДКР), спрямованих на модернізацію існуючого та створення і впровадження у виробництво нового обладнання, розроблення і освоєння нових технологій енергетичного міксу, але такі наукові об'єднання за участю вищих навчальних закладів у якості експертів та співвиконавців конче необхідні зараз. При цьому загальні обсяги фінансування НТР та ДКР у розрахунку на одного виконавця у 50–80 разів нижчі ніж у провідних країнах світу [16].

Для досягнення необхідного рівня науково-технічного забезпечення з утворення підприємств енергетичного міксу та подальшого підвищення рівня його розвитку за вимогами світового науково-технічного поступу необхідно здійснити невідкладні і перспективні багатопланові заходи, основними з яких є такі: збільшення фінансування НТР, що виконуються державними вищими навчальними (ВНЗ) та по суті мають кадровий науковий потенціал, а тобто і статус наукового навчального закладу; започаткування для оцінки НТР нових форм комплексної багаторівневої експертної організації ВНЗ; започаткування мережі вітчизняних комплексних інноваційно-технологічних та інформаційно-аналітичних консультативних центрів на основі ВНЗ до роботи у яких треба залучати провідних науковців і фахівців за новими критеріями відбору, а не за наявності ступеня доктора наук, але це не менеджери як зараз – це, наприклад, інженери-технологи вищої кваліфікації за наявності ступеня кандидата наук; надання пільг для зменшення учбового навантаження та іншого відповідного статусу викладачам ВНЗ, які займаються розвитком нетрадиційних конкретних комплексних інноваційних систем підготовки кадрів, в тому числі, наукових кадрів вищої кваліфікації, що відповідає вимогам та пріоритетам розвитку галузей; розвиток матеріально-технічної бази ВНЗ, оснащення їх сучасним обладнанням та приладами науково-дослідних інститутів та центрів енергетичного профілю; створення центрів для роботи на основі міжнародної інтеграції, що дасть можливість для вивчення та використання світового досвіду розвитку техніки і технологій в енергетичних галузях; ефективне планування на основі науково-обґрунтованих ідей та координація діяльності з науково-інженерної та проектно-конструкторської підтримки шляхом заключення госпдоговірних робіт; відтворення систем підготовки та перепідготовки спеціалістів основних професій у галузях

інноваційних комплексних підприємств; розширення участі України у виконанні міжнародних наукових і науково-технічних програм, активізація діяльності в міжнародних організаціях з метою поступового просування до більш складних організаційних форм міжнародної кооперації; створення на базі провідних українських ВНЗ організацій міжнародних енергетичних науково-технічних центрів, перш за все для розв'язання проблемних питань розвитку енергоефективності на інноваційних комплексних підприємствах; забезпечення державної підтримки розповсюдження інформації щодо нових перспективних вітчизняних проектів, розробок і технологій серед світового співтовариства з метою розширення їх впровадження в Україні та за кордоном; формування сучасних технологій підготовки і прийняття політичних та економічних рішень у сфері енергоефективності на інноваційних комплексних підприємствах енергетичного міксу, впровадження нових форм співпраці уряду і законодавчої влади з науковими та професійними асоціаціями ВНЗ.

Резерви співробітництва з подальшого розвитку комплексного інноваційного проектування пов'язані із впровадженням у навчальний процес партнерських міжвузівських відносин, які дозволяють одержати позитивні результати:

До вирішення та розробки основної теми залучаються студенти НТУ «ХП» Навчально-наукового інституту хімічної технології та інженерії – групи ХТ-46а та ХТ-46б. При впровадженні нашої розробки в навчальний процес студентів отримані практичні результати – сприяння розвитку інтелектуальних і організаційних здатностей студентів, які формують навички самостійної, організаційної й колективної діяльності – це компетентність, комунікабельність, креативність і особистість керівника, які загально сприяють інтенсивному розвитку науково-технічної творчості випускників.

Виконаний обсяг досліджень і отримані практичні результати на даному етапі інноваційної розробки мають перспективи подальшого поширення й впровадження, а також мають можливість масової реалізації інноваційних результатів у різних галузях виробництва.

Список литературы

1. Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Складові розрахунку параметрів очищення стічних вод комплексних підприємств. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 202 с.
2. Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І. Деякі особливості розрахунку параметрів ефективного очищення стічних вод комплексних підприємств. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 203 с.
3. Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Алгоритм управління ефективним очищенням стічних вод комплексних підприємств. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 204 с.
4. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 205 с.
5. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 206 с.
6. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 201 с.
7. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХП». 208 с.
8. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І., Соловей В.М. Комплексні методи навчання як основа розвитку фахових компетентностей ВНЗ в НТУ «ХП» // Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП». 2017. № 18. С. 9–19.
9. Бухкало С.І., Іглін С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХП», 2016. № 3. С. 52–57.
10. Бухкало С.І. и др. Математическое моделирование как инструмент модификации отходов полимеров. Вісник НТУ «ХП». 2010, вип. 32, – с. 52–59.
11. Бухкало С.І. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХП», 2005, № 2, – с. 29–33.
12. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: НТУ «ХП». 2014, № 16, – с. 3–11.
13. Бухкало С.І. Синергетичні процеси утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2017, – № 41 (1263), – с. 17–27.
14. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2018, – № 18 (1294), – с. 36–44.
15. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Іглін С.П., Зіпунніков М.М. Можливості розвитку компетентностей екологічнобезпечних проектів утилізації-модифікації. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2018, – № 18 (1294), – с. 3–9.
16. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyanskyu L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, Vol.70, – pp. 2047–2052.

References (transliterated)

1. Buhkalo S.I., Solovej V.M., Iglin S.P., Ol'hovs'ka O.I. ta in. Skladovi rozrahunku parametriv ochishhennja stichnih vod kompleksnih pidpriemstv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.I. Kharkiv: NTU «KhPI», 202 p.
2. Buhkalo S.I., Solovej V.M., Iglin S.P., Ol'hovs'ka O.I. Dejaki osoblivosti rozrahunku parametriv efektnogo ochishhennja stichnih vod kompleksnih pidpriemstv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.I. Kharkiv: NTU «KhPI», 203 p.
3. Buhkalo S.I., Solovej V.M., Iglin S.P., Ol'hovs'ka O.I. ta in. Algoritm upravlinnja efektnim ochishhennjam stichnih vod kompleksnih pidpriemstv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.I. Kharkiv: NTU «KhPI», 204 p.
4. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.I. Kharkiv: NTU «KhPI», 205 p.
5. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.I. Kharkiv: NTU «KhPI», 206 p.
6. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.I. Kharkiv: NTU «KhPI», 201 p.
7. Buhkalo S.I., Iglin S.P., Ol'hovs'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.I. Kharkiv: NTU «KhPI», 208 p.
8. Buhkalo S.I., Iglin S.P., Ol'hovs'ka O.I., Solovej V.M. Kompleksni metodi navchannja jak osnova rozvitku fahovih kompetentnostej VNZ v NTU «KhPI» // Visnyk NTU "KhPI" [Bulletin of the National Technical University "KhPI"]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ. 2017, no. 18 (1240), pp. 9–19.
9. Buhkalo S.I., Iglin S.P. Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnih zmin pri eksploatacii polimernih virobiv. Integrovani tehnologii ta energoberezhennja. Kharkiv: NTU «KhPI», 2016, no. 3, pp. 52–57.
10. Buhkalo S.I. i dr. Matematicheskoe modelirovanie kak instrument modifikacii othodov polimerov. Visnyk NTU «KhPI» [Bulletin of the National Technical University «KhPI»]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ. 2010. Vup. 32, pp. 52–59.
11. Buhkalo S.I. K vo-prosu jenergosberezenija processa aglomerirovanija polimernoj upakovki. Integrovani tehnologii ta energoberezhennja. Kharkov : NTU «KhPI», 2005, no. 2, pp. 29–33.
12. Buhkalo S.I. Udoskonaljuvanija metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnyk NTU «KhPI» [Bulletin of the National Technical University «KhPI»]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ. 2014, no. 16, pp. 3–11.
13. Buhkalo S.I. Sinergetichni procesi utilizacii-modifikacii polimernoj chastki TPV. Visnyk NTU «KhPI» [Bulletin of the National Technical University «KhPI»]. Kharkov, NTU «KhPI» Publ. 2017, no. 41 (1263), pp. 17–27.
14. Bukhhalo S.I. Sinergetichni modeli dlja ekologichnobepechnih procesiv identifikacii-klasifikacii vtorinnih polimeriv. Visnyk NTU «KhPI». [Bulletin of the National Technical University «KhPI»]. Kharkov, NTU «KhPI» Publ. 2018, – № 18 (1294), – pp. 36–44.
15. Buhkalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Iglin S.P., Zipunnikov M.M. Mozhlivosti rozvitku kompetentnostej ekologichnobepechnih proektiv utilizacii-modifikacii. Visnyk NTU «KhPI». [Bulletin of the National Technical University «KhPI»]. Kharkov, NTU «KhPI» Publ. 2018, – № 18 (1294), – pp. 3–9.
16. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, Vol.70, – pp. 2047–2052.

Надійшла (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

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

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

Главчева Юлія Миколаївна (Glavcheva Yuliia Nikolaevna, Glavcheva Yuliia) – заступник директора науково-технічної бібліотеки, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7991-5411>; e-mail: glavcheva@khp.edu.ua

Мірошніченко Наталія Миколаївна (Miroshnichenko Nataliya Nikolaevna, Miroshnichenko Nataliya) – кандидат технічних наук, доцент кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0561-4138>; e-mail: d_tasha@ukr.net

УДК 378.17:665.347

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.09

*І. О. ЛАВРОВА, Р. В. КИШКА, С. В. ВАЛУЙКІН, В. В. ВЛАДИМИРЕНКО***АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОЛІПІДІВ У ЯКОСТІ ДЕЕМУЛЬГАТОРІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЗНЕСОЛОВАЛЬНИХ УСТАНОВОК**

В статті наведені можливості постановки та вирішення сучасних задач використання фосфоліпідів у якості деемульгаторів електрознесолувальних установок для технології зневоднення нафти в умовах нафтових промислів або нафтопереробних екологічно-безпечних підприємств з використанням електрознесолувальних установок. Експериментальні дослідження дозволяють оцінити: фізико-хімічні показники оброблених нафт; ефективність і обрані оптимальні режими використання фосфатидного концентрату в якості деемульгатора; узагальнити отримані результати і оцінити доцільність використання деемульгатора – неіоногенної поверхнево-активної речовини у досліджуваному процесі. Експериментальні дослідження показали, що застосування фосфоліпиду з лимонною кислотою добре зневоднює нафту, ступінь вилучення води дорівнює 99,4%.

Ключові слова: нафта, фосфоліпід, зневоднення, знесолення, іоногенні, неіоногенні, емульсія, деемульгатор, фосфатидний концентрат.

*І. О. ЛАВРОВА, Р. В. КИШКА, С. В. ВАЛУЙКІН, В. В. ВЛАДИМИРЕНКО.***АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФОЛИПИДОВ В КАЧЕСТВЕ ДЕЕМУЛЬГАТОРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРООБЕЗСОЛЮЮЩИХ УСТАНОВОК**

В статье приведены возможности постановки и решения современных задач использования фосфолипидов в качестве деэмульгаторов электрознесолювальных установок для технологии обезвоживания нефти в условиях нефтяных промыслов или нефтеперерабатывающих экологически безопасных предприятий с использованием электрообессоливающих установок. Экспериментальные исследования позволяют оценить физико-химические показатели обработанной нефти; эффективность и выбранные оптимальные режимы использования фосфатидного концентрата в качестве деэмульгатора; обобщить полученные результаты и оценить целесообразность использования деэмульгаторов – неионогенного поверхностно-активного вещества в исследованном процессе. Экспериментальные исследования показали, что применение фосфолипида с лимонной кислотой хорошо обезвоживает нефть, степень извлечения воды составляет 99,4%.

Ключевые слова: нефть, фосфолипид, обезвоживание, обессоливание, ионогенные, неионогенные, эмульсия, деэмульгатор, фосфатидный концентрат.

*I. O. LAVROVA, R. V. KISHKA, S. V. VALUIKIN, V. V. VLADIMIRENKO.***ANALYSIS OF OPPORTUNITIES FOR THE USE OF PHOSPHOLIPIDS AS DEMULSIFIER FOR ELECTRICAL OIL DESALTING**

The materials presented the possibilities development of solving modern effective problems of of using phospholipids as demulsifiers for electrical nitrile plants for the technology of oil dehydration in oil field conditions or for oil refining environmentally friendly enterprises using electrical nitro solvents. The object of the study is the use of phospholipids as a demulsifies for dewatering oil at the electric saucepans plant. The purpose of the work - based on the research conducted, to show that phospholipids – surface-active substances, can act as an alternative to expensive demulsifiers. Experimental studies allow to evaluate the physicochemical parameters of the treated oil; efficiency and optimal modes of using phosphatide concentrate as demulsifying agents were selected; summarize the results obtained and assess the feasibility of using the demulsifies – non-ionic surfactants in the process studied. Experimental studies have shown that the use of phospholipid with citric acid well dehydrates oil, the degree of water extraction is 99.4%.

Keywords: oil, phospholipid, dehydration, desalting, ionic, non-ionic, emulsion, demulsifier, phosphatide concentrate.

Вступ. Починаючи з кінця ХХ століття нафта перетворилась на стратегічний товар і домінуючий енергоносіє, і на сьогоднішній день нафта як енергоносіє має найвищий рівень у межах конкуренції та знаходиться на вершині життєвого циклу за споживанням [1–6]. Важливим етапом розвитку нафтогазової галузі має бути Програма розроблення національних стандартів, гармонізованих із міжнародними та європейськими нормативними документами, та актуалізації галузевих стандартів і прирівняних до них інших нормативних документів нафтогазової галузі на період 2015–2030 рр. В умовах реформування нафтогазової галузі ваговими показниками розвитку можна відзначити: 1) забезпеченню надійної роботи

та поліпшенню екологічної ситуації нафто- та газовидобувних підприємств на рівні кращих світових практик; 2) наблизенню вимоги щодо якості продукції до найкращих практик Європейського Союзу; 3) прийняттю з метою застосування відповідних технічних регламентів європейських стандартів як національних стандартів України з одночасним скасуванням дії стандартів ГОСТ; 4) поліпшенню безпеки постачання вуглеводневої сировини та ін.

Актуальність роботи та наліз проведених досліджень відповідно до наведених показників зумовлена також необхідністю пошуку дешевих і

© Лаврова І.О., Кишка Р.В., Валуйкін С.В., Владимиренко В.В., 2018

ефективних реагентів (деемюльгаторів) для процесів знесолення і зневоднення нафти в умовах нафтових промислів або нафтопереробних екологічно-безпечних підприємств з використанням електрознесолювальних установок (ЕЛОУ).

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Підготовка нафти до переробки, здійснюється на нафтопереробних заводах (НПЗ) з використанням ЕЛОУ шляхом глибокого зневоднення і знесолення нафти з застосуванням поверхнево-активних речовин (ПАР) – deemюльгатора, в останні роки стикається з низкою труднощів, зокрема, збільшення частки важких високов'язких емульсійних нафт, що вимагають застосування спеціальних технологічних рішень для руйнування стійких водонафтових емульсій. Одним з рішень цієї складної проблеми є створення високоефективного, універсального для різних нафт реагенту, що має високу deemюльгуючу активність. На ЕЛОУ НПЗ застосування високоефективних deemюльгаторів в поєднанні з дією електрополя дозволяє знизити вміст хлористих солей і води до необхідного в сучасних умовах переробки нафти рівня: залишкового вмісту хлоридів – до 3 мг/дм³ і води – не більше 0,1% [1]. Переробка такої добре підготовленої нафти на АТ і АВТ забезпечує поліпшення корозійної обстановки в апаратах, відкладення солей, що призводить до збільшення терміну служби технологічного обладнання, зменшення витрат на його ремонт, забезпечення необхідної якості нафтопродуктів [1–3].

Дослідження з метою аналітичного обзору літературних джерел спрямовані на вивчення таких загальних питань: шкідливі домішки в нафті, її зневоднення та знесолення, відповідно до вимог підготовка нафти до переробки на промислах; загальна характеристика основних методів знесолення і зневоднення нафти – визначення властивостей нафтових емульсій та способи їх

руйнування, класифікація deemюльгаторів; різновиди електрознесолення нафти, технологічні операції, температурно-часові режими, схема та обладнання установок ЕЛОУ [4–13]. При цьому враховувалися фактори конкретного вибору методів дослідження за класифікацією deemюльгаторів: встановлення фізико-хімічних закономірностей deemюльгуючого впливу фосфатидного концентрату на емульсії нафта-вода. Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні задачі: 1) Експериментально оцінити ефективність і підібрати режими використання фосфатидного концентрату в якості deemюльгатора для установок ЕЛОУ. 2) Експериментально оцінити фізико-хімічні показники оброблених нафт. 3) Узагальнити отримані результати і оцінити доцільність використання deemюльгаторів вище названого типу (неіоногенні ПАР) у досліджуваному процесі.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Дослідження з процесу очищення нафти [4–7] При спільній присутності в нафтах хлоридів металів і сірководню у вологому середовищі відбувається взаємно ініційована ланцюгова реакція роз'їдання металу. При відсутності або малому вмісті в нафтах хлористих солей інтенсивність корозії значно нижче, оскільки утворюється захисна плівка з сульфідів заліза частково оберігає метал від подальшої корозії. При зниженні концентрації солей в нафті з 40–50 до 3–5 мг/дм³ міжремонтний пробіг установки прямої перегонки нафти збільшується зі 100 до 500 діб і більше. Зменшується корозія апаратури, знижуються витрати каталізаторів в каталітичних процесах, поліпшується якість газотурбінних і котельних палив, коксів і бітумів. Нафти, що поставляються на НПЗ, діляться відповідно до нормативів ГОСТ 9965-76 на наступні три групи, представлені в таблиці 1 [4].

Таблиця 1. Порівняльна характеристика груп нафти за ГОСТ 9965-76

Показники	Номер групи		
	1	2	3
Концентрація хлоридів, мг/дм ³ не більше	100	300	900
Масова доля води, %, не більше	0,5	1,0	1,0
Масова доля механічних домішок %, не більше	0,05	0,05	0,05

Як на промислових, так і на нафтозаводських установках підготовки нафти для зневоднення і знесолення використовуються процеси руйнування нафтових емульсій, однак на промислах руйнуються природні емульсії, що утворилися в процесі видобутку, а на НПЗ – штучні, спеціально приготовлені з нафти і свіжої води. Емульсією називається така система двох взаємно нерозчинних, або не цілком розчинних рідин, в яких одна міститься в іншій у зваженому стані у вигляді величезної кількості мікроскопічних крапель (глобул), сума яких обчислюється трільйонами на літр емульсії. Рідина, в якій розподілені глобули, називається

дисперсійним середовищем, а друга рідина, розподілена в дисперсійному середовищі, – дисперсною фазою. Нафтові емульсії мають колір від світло-жовтого до темно-коричневого. У більшості випадків вони є емульсіями типу вода в нафті, в яких дисперсійним середовищем є нафта, а дисперсною фазою – вода. Такі емульсії гідрофобні: у воді вони спливають, а в бензині або інших розчинниках рівномірно розподіляються. Рідше зустрічаються емульсії типу нафти у воді, в яких дисперсійним середовищем служить вода. Такі емульсії гідрофільні: у воді вони рівномірно розподіляються, а в бензині тонуть [9, 10]. Поверхневий шар рідини

на кордоні з повітрям або іншою рідиною, як відомо, характеризується певним поверхневим натягом, тобто силою, з якою рідина чинить опір збільшенню своєї поверхні. Поверхневий натяг нафти і нафтопродуктів коливається в межах 0,02–0,05 нв.

Досліди показують, що додавання деяких речовин до чистих нафтових погонів викликає зниження їх поверхневого натягу на кордоні з водою. Це явище носить загальний характер. Іноді речовини при розчиненні навіть у дуже малих концентраціях істотно зменшують поверхневий натяг розчинника. Речовини, здатні знижувати поверхневий натяг, називаються поверхнево-активними. Характерна особливість цих речовин в тому, що до їх складу входять, як правило, вуглеводневий радикал (гідрофобна частина молекули) і будь-яка полярна група (гідрофільна частина молекули). Зниження поверхневого натягу двофазної рідкої системи на кордоні розділу фаз в результаті впливу полярних речовин пояснюється тим, що додана речовина розподіляється нерівномірно в тому компоненті системи, який є по відношенню до нього розчинником. Концентрація його у поверхні розділу фаз буде більш високою, ніж у всьому обсязі розчинника. Іншими словами, доданий полярна речовина буде адсорбуватися поверхневим шаром розчинника і тим самим зменшувати його поверхневу енергію. В результаті на кордоні розділу фаз утворюється адсорбований шар, який можна розглядати як плівку молекул поверхнево-активної речовини на поверхні розчинника [2–4].

Речовини, що сприяють утворенню і стабілізації емульсій, називаються емульгаторами. Ними є такі полярні речовини нафти, як смоли, асфальтени, асфальтогенні кислоти та їх ангідриди, солі нафтових кислот, а також різні неорганічні домішки. В освітленні стійких нафтових емульсій беруть участь різні тверді вуглеводні – мікрокристали парафінів, церезинів і змішаних алкацикланові вуглеводні, які адсорбуються на поверхні емульсійних глобул і утворюють своєрідну броню. Емульгаторами для сирої нафти найчастіше є смоли. Вони добре розчиняються в нафті і не розчиняються у воді. Смоли, адсорбуються на поверхні розділу нафта – вода, потрапляють в поверхневий шар з боку нафти і створюють міцну оболонку навколо частинок води. Алюмінієві, кальцієві, магнієві і залізні мила нафтових кислот добре розчиняються у нафті та нафтових дистилатах, тому вони також сприяють утворенню гідрофобних емульсій. Навпаки, натрієві мила нафтових кислот добре розчинні у воді і гірше в вуглеводнях. Тому вони адсорбуються в поверхневому шарі з боку водної фази, обволікають плівкою краплі нафти і так сприяють утворенню гідрофільній емульсії типу нафта у воді.

При наявності емульгаторів обох типів можливе утворення емульсій, тобто, перехід їх з одного типу в інший. Цим явищем користуються іноді при руйнуванні емульсій. Нафтові емульсії

характеризуються такими фізико-хімічними властивостями: дисперсність, в'язкість, щільність, електричні показники, стійкість у часі.

Способи руйнування нафтових емульсій.

Механізм руйнування нафтових емульсій складається з декількох етапів: 1) зіткнення глобул (часток) води; 2) злиття глобул в більш великі краплі; 3) випадання крапель.

Для руйнування емульсії, в промисловій практиці застосовуються такі методи: 1) механічний; 2) термічний; 3) хімічний; 4) електричний.

До механічних методів належать відстоювання, центрифугування і фільтрування. Процес відстоювання застосовується для відділення основної маси води в сировинних резервуарах промислових систем збору нафти. Фільтрування та центрифугування поки не знайшли практичного застосування. Термічний спосіб заснований на застосуванні теплоти. При нагріванні емульсії плівка емульгатора розширюється і лопається, а крапельки рідини зливаються один з одним. Широко використовується для руйнування емульсій хімічний метод обробки деемульгаторами – речовинами, які послаблюють структурно-механічну міцність шарів, обволікаючих краплі води. У якості деемульгатора застосовуються різні ПАВ, однак механізм їх дії на емульсії досить складний і мало вивчений. За характером поведінки у водних розчинах деемульгатори поділяють на іоноактивні і неіоногенні. Перші в розчинах дисоціюють на катіони і аніони, другі іонів не утворюють. Найкращу деемульгуючу дію мають застосовувані нині на промислах і НПЗ неіоногенні деемульгатори – проксамін, дисольван, прогаль, ОЖК (оксєтильовані жирні кислоти). Електричний спосіб руйнування емульсій заснований на тому, що завдяки впливу електричного поля створюються сприятливі умови для збільшення ймовірності зіткнення глобул води. При попаданні нафтової емульсії в змінне електричне поле заряджені негативно частинки води починають пересуватися всередині краплі, яка набуває грушоподібної форми, звернена гострим кінцем до позитивного зарядженого електроду. При зміні полярності електродів відбувається зміна конфігурації краплі. Окремі краплі прагнуть пересуватися в електричному полі в напрямку до позитивного електроду, стикаються один з одним, зливаються в більш великі краплі і осідають.

У промисловій практиці для видалення води і солей з нафти широко застосовуються комбіновані методи руйнування емульсій термохімічний, електротермохімічний та інші.[1–7].

Деемульгатори повинні відповідати таким основним вимогам: добре розчинятися в одній з фаз емульсії (в нафті або в воді); мати достатню поверхневу активність, щоб витіснити з кордону розділу «нафта-вода» природні емульгатори, що утворюють захисну плівку на крапельках води; забезпечувати максимальне зниження міжфазного натягу на межі фаз «нафта-вода» при мінімальних

витратах реагенту; не коагулювати в пластових водах; бути інертними по відношенню до металів, дешевими і транспортабельними; зберігати свої властивості при зміні температури; не погіршувати якості нафти після обробки і мати певну універсальність (руйнувати емульсії різних нафт і вод). На практиці знесолення і зневоднення проводять при температурі 20-80 °С. На зниження захисної дії поверхневих шарів на глобули води істотно впливає присутність деемульгатора. Під впливом на нафтові емульсії всі існуючі деемульгатори поділяють на електроліти, не електроліти і колоїди. Електролітами можуть бути органічні і мінеральні кислоти (сірчана, соляна, оцтова), луки і солі (кухонна сіль, хлорне залізо та інші). Електроліти можуть утворювати нерозчинні осадки з солями емульсії, знижувати стабільність захисної оболонки. Але через їх особливу корозійну активність електроліти як деемульгатори застосовують обмежено. Чим швидше видобута нафта надходить на підготовку, тобто ніж раніше

деемульгатор вводять в суміш води і нафти, тим легше відбувається поділ емульсії. З введенням деемульгатора для забезпечення його повного контакту з емульсією необхідно створювати їх інтенсивну турбулізацію і підігрів.

Результати експериментальних досліджень.

Метою проведення експерименту визначено створення на базі нафти, води та мінеральних солей моделюючі суміші для процесу зневоднення та знесолення нафти з використанням фосфатидного концентрату в якості неіоногенного ПАВ. Дослідити ефективність нового деемульгатора (з фосфоліпідів), підібрати оптимальний режим і концентрацію. Зробити висновок про діапазон використання. Фосфоліпіди – складні ліпіди, складні ефіри багатоатомних спиртів і вищих жирних кислот. Містять залишок фосфорної кислоти і з'єднану з нею додаткову групу атомів різної хімічної природи [2–8].

За фізико-хімічними показниками концентрат фосфатидний повинен відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 2.

Таблиця 2 Фізико-хімічні показники фосфоліпідів

Назва показника	Показники якості концентрату для	
	Кормових цілей	Технічних цілей
Масова частка вологи і летких речовин, %, не більше	3,0	3,0
Масова частка фосфатидів, %, не менше	40,0	40,0
Масова частка олії, %, не більше	60,0	60,0
Масова частка речовин, не розчинних в етиловому ефірі, %, не більше	5,0	5,0
Кислотне число олії, виділеної з концентрату, мг КОН/г, не більше	20,0	-
Перекисне число, $\frac{1}{2}$ O ₂ ммоль/кг, не більше	25,0	-
Масова частка кислоти в олії, виділеної з концентрату, %, до суми жирних кислот, не більше	5,0	не нормовано

Примітка. Норма показника «колірне число» для концентрату фосфатидного ріпакового кормового не більше ніж 20,0 мг йоду. Цей показник нормують і визначають за вимогами споживача по ГОСТ 5477.

В якості модельних сумішей для експерименту були використані фракції нафти більше 180 °С у суміші з дистильованою водою і NaCl (табл. 3).

Таблиця 3. Показники модельних сумішей (МС)

Характеристика модельних сумішей			
Показники	МС 1	МС 2	МС 3
Вміст (%)	20	30	50
Вміст NaCl (%)	6	10	24
Вміст нафтопродукту (мл)	500	500	500

Фракційний склад вихідного нафтопродукту характеризується даними табл. 4 і рис. 1.

Залежно від наявності у їх складі багатоатомного спирту прийнято ділити фосфоліпіди на групи: гліцерофосфоліпіди (гліцерофосфатиди) – містять залишок гліцерину; фосфатидилхолін (лецитин); фосфатиділетаноламін (кефалін); фосфатиділсерин; кардіоліпін; плазмалоген (етаноламіновий плазмалоген); фосфосфінголіпіди – містять залишок сфінгозина; сфінгомеліні; фосфоінозити – містять залишок інозитола;

фосфатидилинозитол. Фосфоліпіди складаються з полярної «головки», до складу якої входить гліцерин або інший багатоатомний спирт, негативно заряджений залишок фосфорної кислоти і часто несе позитивний заряд група атомів, і двох неполярних «хвостів» із залишків жирних кислот.

Таблиця 4. Фракційний склад модельних сумішей (Т_к – температура початку кипіння, °С)

МС 1, Т _к =35 °С	МС 2, Т _к =35 °С	МС 3, Т _к =37 °С
10 %	54	56
20 %	58	60
30 %	61	62
40 %	64	64
50 %	67	68
60 %	70	70
70 %	73	74
80 %	77	78
90 %	83	84
100 %	94	94
105 %	100	100

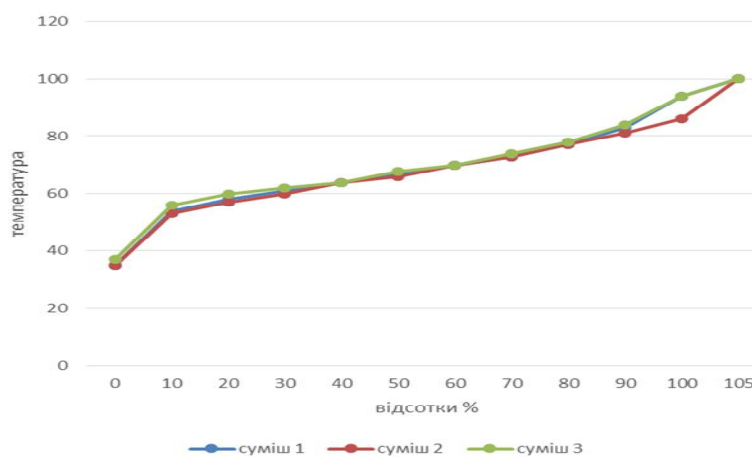


Рис. 1. Криві розгонки модельних сумішей

Головна особливість фосфоліпідів полягає в тому, що «головка» у них гідрофільна, а «хвости» гідрофобні. Це дозволяє при знаходженні в товщі водного середовища утворювати біфункціональний шар – подвійний шар фосфоліпідних молекул, де гідрофільні голови з обох сторін стикаються з водою, а гідрофобні хвости сховані всередину бішару і тим самим захищені від контакту з водою. Хімічна структура полярної «головки» визначає сумарний електричний заряд і іонний стан фосфоліпіда. «Хвости» контактують з ліпідним оточенням, а «головки» – з водним, так як неполярні «жирні хвости» не можуть стикатися з водою.

Результати дослідження властивостей МС 1 за обраною модельною сумішшю 1: склад 500 мл нафтопродукту, води 100 мл, NaCl 30 мг. У зразок 1 вводили фосфол у кількості 0,5 %, а лимонну кислоту – 20 %; у зразок 2 – фосфол у кількості 0,25%, а лимонну кислоту – 20 %; у зразок 3 – фосфол у кількості 0,125%, а лимонну кислоту – 20 % представлені у табл. 5: ступінь вилучення води – СВ, %; механічні домішки – МД.

Таблиця 5. Характеристика модельної суміші 1

Показники	Вихідні зразки	Оброблені зразки		
		Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Вода	16,60	0,12	1,61	1,92
Зольність	0,1095	0,0155	0,00070	0,000052
МД	0,02	0,07	0,032	0,019
СВ%		99,2	90,3	88,4

Результати дослідження властивостей МС 2 за обраною модельною сумішшю 2: склад 500 мл нафтопродукту, води 150 мл, NaCl 50,76 мг.

Таблиця 6. Характеристика модельної суміші 1

Показники	Вихідні зразки	Оброблені зразки		
		Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Вода	23,00	3,10	1,5	0,8
Зольність	0,0014	0,0013	0,00048	0,0001
МД		0,48	0,09	0,026
СВ%		89,6	95,0	97,3

У зразок 2 вводили фосфол у кількості 0 %, а лимонну кислоту – 10 %; у зразок 2 – фосфол у кількості 0 %, а лимонну кислоту – 20 %; у зразок 3 – фосфол у кількості 0 %, а лимонну кислоту – 30 % представлені у табл. 6: ступінь вилучення води – СВ, %; механічні домішки – МД.

Результати дослідження властивостей МС 3 за обраною модельною сумішшю 3: склад 500 мл нафтопродукту, води 250 мл, NaCl 121 мг. У зразок 3 вводили фосфол у кількості 1,0 %, а лимонну кислоту – 0 %; у зразок 2 – фосфол у кількості 1,5 %, а лимонну кислоту – 0 %; у зразок 3 – фосфол у кількості 2,25 %, а лимонну кислоту – 0 % представлені у табл. 7: ступінь вилучення води – СВ, %; механічні домішки – МД.

Таблиця 7. Характеристика модельної суміші 1

Показники	Вихідні зразки	Оброблені зразки		
		Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Вода	33,30	6,1	2,5	2,1
Зольність	0,0033	0,0018	0,0029	0,0029
МД		0,021	0,026	0,058
СВ%		81,6	92,5	93,6

Важливим показником ефективності дослідження можна визнати вміст солей (NaCl) в зразках до (ДО) та після обробки (ПО) з деемульгатором (табл. 8).

Таблиця 8. Вміст солей (NaCl) в зразках з деемульгатором

Зразки		Показники		
		Вміст ДО, %	Вміст ПО, %	η %
МС 1	1	0,0075	0,00155	79,3
	2	0,0075	0,0007	90,6
	3	0,0075	0,00052	93,1
МС 2	1	0,028	0,0013	95,3
	2	0,028	0,0001	99,6
	3	0,028	0,00048	98,2
МС 3	1	0,068	0,0018	97,3
	2	0,068	0,0026	96,1
	3	0,068	0,0029	95,7

Невід'ємною складовою дослідження з метою подальшого використання отриманих результатів на

промислових об'єктах є визначення узагальненого рівняння процесу (табл. 9) з урахуванням отриманих графічних залежностей (рис. 2 (МС 1), рис. 3 (МС 2), рис. 4 (МС 3)).

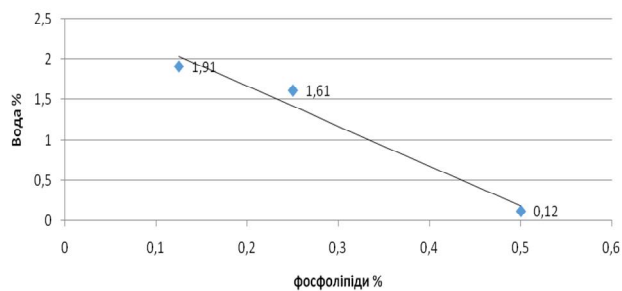


Рис. 2. Залежність залишку води від вмісту фосфоліпідів 1

Коефіцієнт апроксимації за отриманим рівнянням (1)

$$y = -4,9429x + 2,655 \quad R^2 = 0,9692 \quad (1)$$

дорівнює (0,9692), це свідчить про те, що добре підібрана модель рівняння.

Коефіцієнт кореляції Пірсона (-0,9845), це означає, що ми маємо зворотню кореляцію – при збільшенні кількості фосфоліпідів та лимонної кислоти, буде збільшуватися ступінь вилучення води в оброблюваних середовищах.

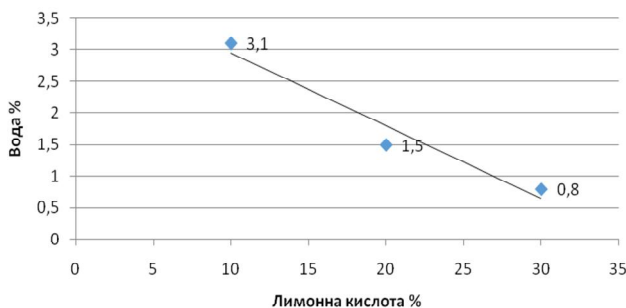


Рис. 3. Залежність залишку води від вмісту фосфоліпідів 2

Коефіцієнт апроксимації за отриманим рівнянням (2) для МС 2

$$y = -0,115x + 4,10 \quad R^2 = 0,9514 \quad (2)$$

дорівнює (0,9514), це свідчить про те, що добре підібрана модель рівняння.

Список літератури

1. Хуторянский Ф. М., Сомов В. Е. Современное состояние, пути совершенствования и технического перевооружения процесса глубокого обезвоживания и обессоливания нефти. // Нефтепереработка и нефтехимия, 2010, №12, – с. 3–12.
2. Климова Л.З. Получение, исследование свойств и применение новых деэмульгаторов водонефтяных

Коефіцієнт кореляції Пірсона (0,7289), для МС 3 означає, що ми маємо зворотню кореляцію – при збільшенні кількості лимонної кислоти буде зменшуватись кількість води в наших сумішах.

Коефіцієнт апроксимації за отриманим рівнянням (3) для МС 3

$$y = -2,9895x + 8,30 \quad R^2 = 0,7289 \quad (3)$$

дорівнює (0,7289), це свідчить про те, що добре підібрана модель рівняння.

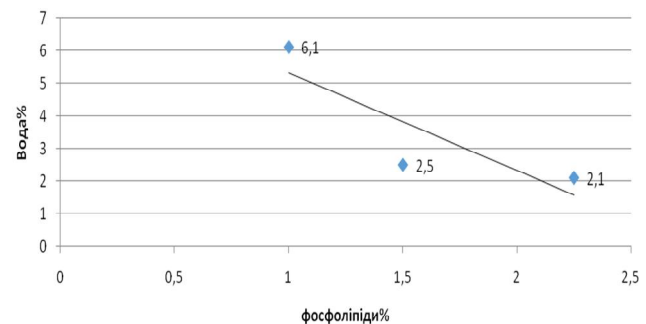


Рис. 4. Залежність залишку води від вмісту фосфоліпідів 3

Коефіцієнт кореляції Пірсона (-0,8538), це означає, що ми маємо зворотню кореляцію – при збільшенні кількості фосфоліпідів буде зменшуватись кількість води в наших сумішах.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Загальні підсумки проведеного дослідження можна визначити як: обґрунтування доцільності використання фосфоліпідів в якості деемульгатора у процесах знесолення та зневоднення нафти; оптимальний ступінь вилучення води із нафтопродуктів отримано із модельної суміші 1 при обробці з деемульгатором, що містить 0,5 % фосфоліпідів та 20 % лимонної кислоти, при цьому ступінь вилучення води досягає 99,4 %. Це дозволяє рекомендувати такий состав деемульгатора для промислових випробувань.

Практичне значення одержаних результатів для зневоднення нафти можна означити як: вибір нового ефективного деемульгатора для зневоднення і знесолення нафти, що дозволяє водночас розв'язати питання з утилізацією побічного продукту виробництва біодизеля (фосфоліпідний концентрат) за рахунок використання його властивостей, як неіоногенної ПАР.

емульсій: дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук М., 2002, – 206 с.

3. Хуторянский Ф.М. Разработка и внедрение высокоэффективных технологий подготовки нефти на электрообессоливающих установках НПЗ. //Дисс. доктора техн. наук. М.: ОАО ВНИИ НП, 2008, – 362 с.

4. Филимонова, Е. И. Основы технологии переработки нефти: Уч. пособие Ярославль: ЯГТУ, 2010, – 171 с.
5. Глаголева, О. Ф. Технология переработки нефти / О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян. - М.: Химия Колос С, 2007, – 400 с.
6. Мановян, А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа: Уч. пособие для вузов. – М.: Химия, 2001, – 568 с.
7. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов / С. А. Ахметов. Уфа: Гилем, 2002, – 672 с.
8. Баннов, П. Г. Процессы переработки нефти / П. Г. Баннов. - М.: ЦНИИТЭ, 2000, – 224 с.
9. Эрих В.Н.. Химия и технология нефти и газа./ М.Г. Расина, М.Г. Рудин, 1985, – 399 с.
10. Григоров А.Б. Методи визначення якості нафти та нафтопродуктів / І.В. Сінкевич, І.О. Лаврова, О.В. Богоявленська 2015, – 146 с.
11. Смидович Е.В. Технология переработки нефти и газа. 2011. – 388 с.
12. Методы определения фракционного состава: ГОСТ2177-99. - [Действует от2001-07-01]. – К.: Госстандарт Украины, 2001. – 23 с. – (Национальный стандарт Украины).
13. Овчаров С. Н. Определение потенциального содержания светлых фракций нефти / С. Н. Овчаров, С. И. Колесников, И. М. Колесников, А. А. Ануфриев// Химия и технология топлив и масел. 2006, – №4, – с. 53–54
2. Klimova L.Z. Poluchenie, issledovanie svojstv i primenenie novyh dejemul'gatorov vodoneftjanyh jemul'sij: dis. na soisk. uch. step. kand. teh. nauk M., 2002, – 206 p.
3. Hutorjanskij F.M. Razrabotka i vnedrenie vysokoeffektivnyh tehnologij podgotovki nefiti na jelektroobessolivajushhih ustanovkah NPZ. // Diss. doktora tehn. nauk. M.: OAO VNIINP, 2008, – 362 p.
4. Filimonova, E. I. Osnovy tehnologii pererabotki nefiti: Uch. posobie Jaroslavl': JaGTU, 2010, – 171 p.
5. Glagoleva, O. F. Tehnologija pererabotki nefiti / O. F. Glagoleva, V. M. Kapustin, T. G. Gjul'misarjan. - M.: Himija Kolos S, 2007, – 400 p.
6. Manovjan, A.K. Tehnologija pervichnoj pererabotki nefiti i prirodnogo gaza: Uch. posobie dlja vuzov. – M.: Himija, 2001, – 568 p.
7. Ahmetov, S. A. Tehnologija glubokoj pererabotki nefiti i gaza: Uchebnoe posobie dlja vuzov / S. A. Ahmetov. Ufa: Gilem, 2002, – 672 p.
8. Bannov, P. G. Processy pererabotki nefiti / P. G. Bannov. - M.: CNIITJe, 2000. – 224 p.
9. Jerih V.N.. Himija i tehnologija nefiti i gaza./ M.G. Rasina, M.G. Rudin, 1985, – 399 p.
10. Grigorov A.B. Metodi viznachennja jakosti nafti ta naftoproduktiv / I.V. Sinkevich, I.O. Lavrova, O.V. Bogojavlens'ka 2015, – 146 p.
11. Smidovich E.V. Tehnologija pererabotki nefiti i gaza. 2011. – 388 p.
12. Metody opredelenija frakcionnogo sostava: GOST2177-99. – [Dejstvuet ot2001-07-01]. – К.: Gosstandart Ukrainy, 2001. – 23 p. – (Nacional'nyj standart Ukrainy).
13. Ovcharov S. N. Opredelenie potencial'nogo soderzhanija svetlyh frakcij nefiti / S. N. Ovcharov, S. I. Kolesnikov, I. M. Kolesnikov, A. A. Anufriev// Himija i tehnologija topliv i masel. 2006, – №4. – pp. 53–54.

Bibliography (transliterated)

Поступила (received) 23.10.2017

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Лаврова Інна Олегівна (Лаврова Инна Олеговна, Lavrova Inna Olegovna) – кандидат технічних наук, доцент, заступник директора навчально-наукового інституту хімічних технологій та інженерії, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: inlavr68@gmail.com

Кишка Радислав Віталійович (Кишка Радислав Витальевич, Kishka Radislav Vitalyevich) – студент групи 2.ХТ105.8п, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: keshik97@gmail.com

Валуїкін Станіслав Віталійович (Валуїкин Станислав Витальевич, Valuikin Stanislav Vitalyevich) – студент групи 2.ХТ105.8н, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: zigaxs@gmail.com

Владимиренко Владислава Віталіївна (Владимиренко Владислава Витальевна, Vladimirenko Vladislava Vitalyevna) – студентка групи ХТ – 35(О), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: vladislavavladimirenko@gmail.com

УДК 614.73 (035.3)

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.10

Л. Н. СОЛОДОВНИКОВА, В. А. ТАРАСОВ, В. Н. ШАБАТИН**СНИЖЕНИЕ РАДОНООПАСНОСТИ ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

В работе описана методика определения значений объемной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилищ радиоактивных отходов с учетом особенностей их закрытого и открытого типа. В методике учитывается тот факт, что для оценки радоноопасности хранилищ закрытого типа используются значения объемной активности радона в атмосферном воздухе. Для хранилищ открытого типа точное определение значений объемной активности радона-222 в атмосферном воздухе затруднено из-за необходимости учёта влияния множества метеорологических факторов и оценка радоноопасности хранилища определяется значениями плотности потока радона-222 с его поверхности (экскаляцией). В работе предложены технические мероприятия, которые повысят экологическую безопасность этих хранилищ.

Ключевые слова: радоноопасность, объёмная активность радона-222, хранилища радиоактивных отходов.

Л. Н. СОЛОДОВНИКОВА, В. А. ТАРАСОВ, В. Н. ШАБАТИН**СНИЖЕНИЕ РАДОНООПАСНОСТИ ХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

У роботі описана методика визначення значень об'ємної активності радону-222 в атмосферному повітрі сховищ радіоактивних відходів з урахуванням особливостей їх закритого і відкритого типу. У методиці враховується той факт, що для оцінки радононебезпеки сховищ закритого типу використовуються значення об'ємної активності радону в атмосферному повітрі. Для сховищ відкритого типу точне визначення значень об'ємної активності радону-222 в атмосферному повітрі утруднено через необхідність врахування впливу безлічі метеорологічних факторів і оцінка радононебезпеки сховища визначається значеннями щільності потоку радону-222 з його поверхні (екскаляції). В роботі запропоновані технічні заходи, які підвищать екологічну безпеку цих сховищ.

Ключові слова: радононебезпека, об'ємна активність радону-222, сховища радіоактивних відходів.

L. N. SOLODOVNIKOVA, V. A. TARASOV, V. N. SHABATIN**REDUCTION OF RADON SAFETY STORAGE THE RADIOACTIVE WASTES**

The paper describes a method for determining the values of the radon-222 volumetric activity in the atmospheric air of radioactive waste storage facilities, taking into account the characteristics of their closed and open type. The method takes into account the fact that for the assessment of the radon danger of closed-type storage facilities, direct measurements of the radon activity volumetric activity using radonometers are used. Accurate determination of the values of the volumetric activity of radon-222 in open air storages is difficult because of the need to take into account the influence of many meteorological factors. Using special mathematical models, it is possible to predict changes in the volume concentration of radon with variations in the influencing factors. In any case, the primary source for such a forecast will be the values of the radon-222 flux density from its surface (exhalation), Bq/m²s. Therefore, in the approach to assessing the radon danger of open repositories, the definition of radon eschaklation from various sites comes to the first place. Naturally, more hazardous areas will be more dangerous. In the present work, the radon hazard of the objects under study was estimated by the values of the radon activity volume in the atmospheric air of the closed type storages and by the radon flux density (eschaklation) from the surface of the open type tailing dump. The work proposed technical measures that will improve the environmental safety of these repositories.

Key words: radon hazard, radon-222 volumetric activity, tailing dump of radioactive waste.

Введение. Образование хранилищ радиоактивных отходов в Украине обусловлено использованием радиоактивных материалов во многих отраслях народного хозяйства. Практически все хранилища радиоактивных отходов с существующими способами их хранения представляют потенциальную радиоэкологическую опасность для окружающей среды, так как содержат отработанные источники урана-238 и радия-226, которые выделяют в атмосферу радиоактивный газ радон-222. Усиливает радоноопасность этих хранилищ тот фактор, что значительная часть территории Украины расположена на кристаллическом щите с большими запасами природных радионуклидов уранового и ториевого рядов, что также способствует интенсивным эманациям радона-222 в атмосферный воздух окружающей среды. Расположение хранилищ радиоактивных отходов вблизи населённых пунктов определяет необходимость оценки содержания радона-222 в атмосферном воздухе хранилищ [1] и снижения их радоноопасности путём проведения необходимых технических мероприятий.

Цель работы. Целью настоящей работы являлась отработка подходов для оценки радоноопасности хранилищ радиоактивных отходов закрытого и открытого типа. Основными объектами

были: Харьковский ГМСК УкрГО «Радон», хранилище твёрдых радиоактивных отходов объекта «Макаров» (Киевская область) и хвостохранилище Сухачёвское II секция бывшего ПО «Приднепровский химический завод». Предполагалось разработать методику оценки радоноопасности хранилищ твёрдых радиоактивных отходов, провести оценку радоноопасности хранилищ на основе полученных по методике экспериментальных данных и предложить мероприятия для снижения концентрации радона-222 в атмосферном воздухе хранилищ.

Постановка проблемы. Практически все хранилища являются радоноопасными объектами [2]. Основным источником радона (²²²Rn) является радий (²²⁶Ra) – продукт цепочки распадов ²³⁸U [3]. Это видно из схемы его распада (рис. 1 а, б).

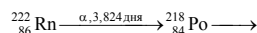
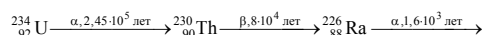
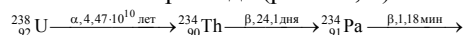


Рис. 1 – Схема распада природного урана-238 (а).

© Солодовникова Л.Н., Тарасов В.А., Шабатин В.Н., 2018

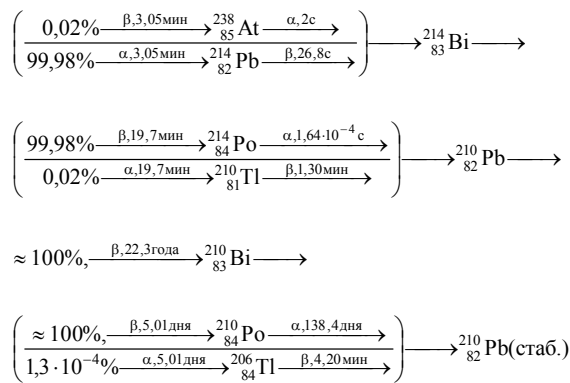


Рис. 1 – Схема распада природного урана-238 (б).

Хранилища радиоактивных отходов обычно разделяют на хранилища закрытого и открытого типа. Из исследованных объектов к хранилищам закрытого типа относится Харьковский ГМСК УкрГГО «Радон». В это хранилище попадают твёрдые и жидкие радиоактивные отходы из организаций, не относящихся к предприятиям ядерно-топливного цикла. Источником радона служит грунт и некоторые препараты урана-радия, находящиеся в хранилище. Задачей является снижение содержания радона-222 в атмосферном воздухе хранилища для уменьшения

дозовой нагрузки на персонал категории А. К исследованным в работе хранилищам радиоактивных отходов закрытого типа относится также объект «Макаров», принадлежавшего министерству обороны бывшего СССР и Украины, который имеет хранилище твёрдых радиоактивных отходов. Снижение радоноопасности этого объекта улучшит радиозоологическую обстановку прилегающих к нему территорий.

Образование хранилищ радиоактивных отходов открытого типа связано с добычей и переработкой уранового сырья. В результате накапливаются большие количества отходов в виде отвалов сопутствующих и сбалансированных руд, а также технологических пульп в хвостохранилищах. К хранилищам радиоактивных отходов открытого типа относятся хранилища уранового производства бывшего Производственного объединения «Приднепровский химический завод», который эксплуатировался с 1949 по 1991 г. и расположен недалеко от г. Днепродзержинска. За время его работы образовались хранилища: «Западное», «Центральный Яр», «Юго-восточное», «Днепровское», «Сухачёвское»: I – секция, II – секция, «База С», «Лантановая фракция», «Доменная печь №6» [4] (рис. 2).

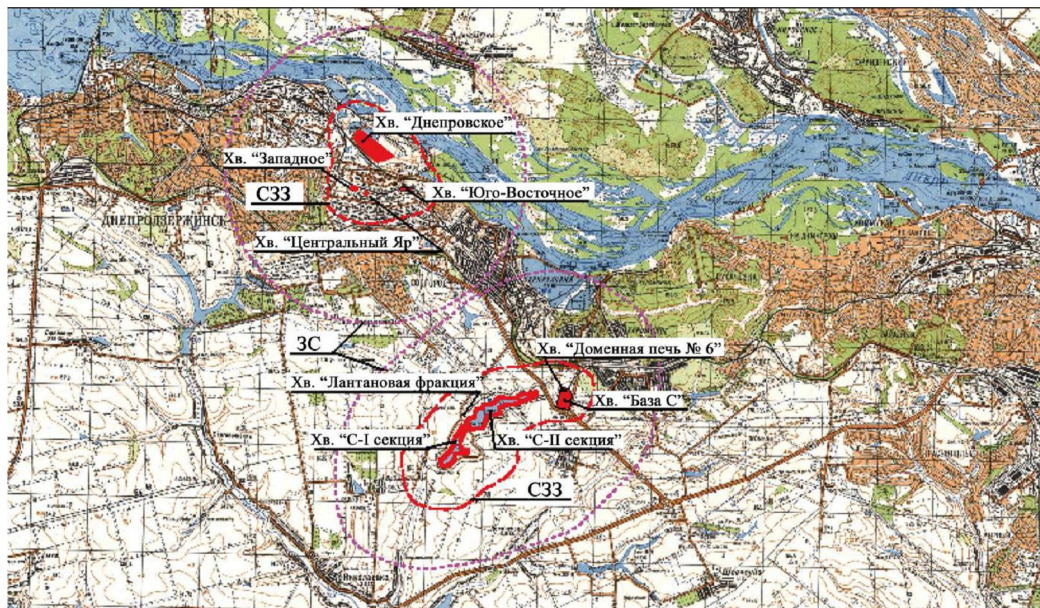


Рис. 2 – Размещение объектов бывшего ПО «ПХЗ» и мест удаления отходов уранового производства в г. Днепродзержинск [5].

По предварительным оценкам годовое поступление радона-222 в приземный слой атмосферы только из Сухачёвского хвостохранилища бывшего Производственного объединения «Приднепровского химического завода» составляет [4]: I – секция – $2,2 \cdot 10^6$ Бк/м³; II – секция – $2,16 \cdot 10^6$ Бк/м³. Секция I «хвостохранилища» (площадь 70 га, отходов – 5,6 млн. тонн), эксплуатировалась с 1968 г. по 1983 г. Секция II «хвостохранилища» (площадь 90 га, отходов – 19 млн. т), эксплуатировалась с 1983 г. по 1992 г. и

предназначалась для складирования отходов переработки уранового сырья [6].

Промплощадка бывшего Производственного объединения «Приднепровского химического завода» находится в непосредственной близости к жилой зоне г. Днепродзержинска Днепропетровская область. Хвостохранилища являются источником загрязнения на расстоянии 370 – 860 метров от их контура [6] за счет различных процессов переноса радионуклидов. Снижение радоноопасности II секции «Сухачёвского» хвостохранилища связано с

необходимостью её реконструкцией и перепрофилированием для дальнейшего использования свободного объёма чаши [7]. Частичная изоляция хвостохранилища от окружающей среды уменьшит воздушное распространение радона-222 в атмосферном воздухе на близлежащие территории, что значительно снизит дозовую нагрузку на персонал категории А промплощадки бывшего ПО «Приднепровский химический завод» и населения проживающего на прилегающих к хвостохранилищу территориях.

Следует отметить, что подходы для оценки радоноопасности закрытых и открытых хранилищ радиоактивных отходов отличаются. Для хранилищ закрытого типа предполагается равновесная или медленно изменяющаяся концентрация радона в воздухе. В этом случае возможны прямые измерения объёмной активности радона с помощью радонометров. Точное определение значений объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилищ открытого типа затруднено из-за необходимости учёта влияния множества метеорологических факторов. С использованием специальных математических моделей возможно прогнозирование изменения объёмной концентрации радона при вариации влияющих факторов. В любом случае первоисточником для такого прогноза будут значения плотности потока радона-222 с его поверхности (эксхалляция), Бк/м²·с. Поэтому в подходе к оценке радоноопасности открытых хранилищ на первое место выходит определение эсхалляции радона с различных участков. Естественно, более опасными будут участки с высокой эсхалляцией. В настоящей работе радоноопасность исследуемых объектов оценивалась по значениям объёмной активности радона в атмосферном воздухе хранилищ закрытого типа и по плотности потока радона (эсхалляции) с поверхности хвостохранилища открытого типа.

Результаты исследований. В результате проведенных исследований была разработана методика оценки радоноопасности хранилищ

радиоактивных отходов открытого и закрытого типов. Методика оценки радоноопасности хранилищ состоит из: 1) калибровки средств измерительной техники, измеряющих величину объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилищ закрытого типа, на Государственном первичном эталоне единицы объёмной активности радона-222 (ДЕТУ12-01-97) [8] с использованием государственной поверочной схемы (ДСТУ 3536-97) [9]; 2) калибровки средств измерительной техники, измеряющих величину плотности потока радона-222 для хранилищ открытого типа, на Государственном первичном эталоне единицы объёмной активности радона-222 (ДЕТУ12-01-97) с использованием государственной поверочной схемы (ДСТУ 3536-97) [9]; 3) непосредственных измерений объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилищ закрытого типа твёрдых радиоактивных отходов Харьковского ГМСК Укр ГО «Радон» и хранилища твёрдых радиоактивных отходов объекта «Макаров»; 4) непосредственных измерений плотности потока радона с поверхности хвостохранилища открытого типа Сухачёвское II секция бывшего ПО «Приднепровский химический завод»; 5) оценки результатов измерений на предмет радоноопасности исследуемых объектов.

Измерения объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилища твёрдых радиоактивных отходов Харьковского ГМСК Укр ГО «Радон», хранилища твёрдых радиоактивных отходов объекта «Макаров», и хвостохранилища Сухачёвское секция II бывшего ПО «Приднепровский химический завод» проводились следующими радон-мониторами: Alpha GUARD PQ 2000 с диапазоном измерения объёмной активности радона-222 от 2 до 2·10⁶ Бк/м³, ATMOS-12D с диапазоном измерения объёмной активности радона-222 от 1 до 1·10⁵ Бк/м³, радон-монитор РГА-09 диапазон измерения объёмной активности радона-222 от 50 до 1·10⁴ Бк/м³ (рис. 3), откалиброванных по Государственному первичному эталону радона-222 (ДЕТУ 12-01-97) с использованием государственной поверочной схемы (ДСТУ 3536-97).



Рис. 3 – Радон-мониторы для измерения объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилищ радиоактивных отходов.

Измерения объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилища твёрдых радиоактивных отходов Харьковского ГМСК УкрГО

«Радон» (рис. 4) проводились на уровне защитных плит подземных ёмкостей в их открытом и закрытом состоянии.

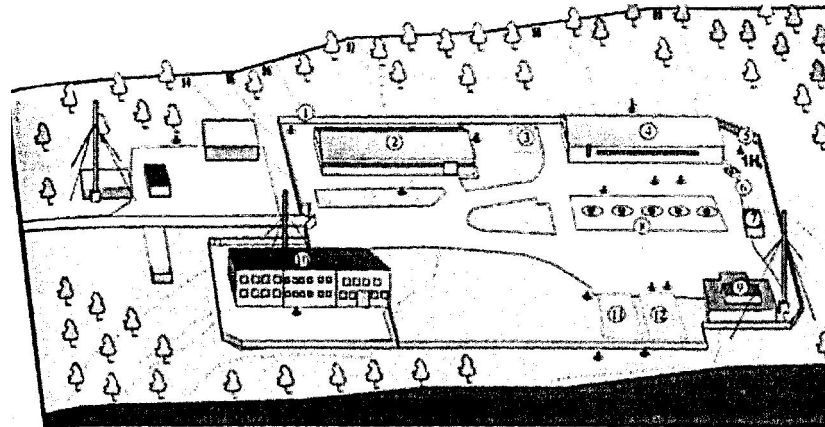


Рис. 4 – Схематический вид Харьковского ГМСК УкрГО «Радон»: 2 – хранилище твёрдых радиоактивных отходов.

Замеры радона-222 осуществлялись радон – монитором Alpha GUARD PQ 2000 и радон – монитором РГА–09, реализующий метод К. Маркова модификации М. Терентьева. Измерения радона в ячейке твёрдых радиоактивных отходов были выполнены на дне ячейки ($Z = -4,0\text{м}$) в шести точках:

А (0,5; 2,0; -4,0); В (0,5; 6,0; -4,0); С (0,5; 10,0; -4,0); D (2,5; 2,0; -4,0); E (2,5; 6,0; -4,0); F (2,5; 10,0; -4,0) и на глубине 2м ($Z = -2,0$) в следующих точках: А' (0,5; 2,0; -2,0); В' (0,5; 6,0; -2,0); С' (0,5; 10,0; -2,0); D' (2,5; 2,0; -2,0); E' (2,5; 6,0; -2,0); F' (2,5; 10,0; -2,0) и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений объёмной активности радона-222 в хранилище твёрдых радиоактивных отходов Харьковского ГМСК УкрГО «Радон»

А	В	С	Д	Е	F
1250Бк/м ³	1200Бк/м ³	1250Бк/м ³	1243Бк/м ³	1200Бк/м ³	1247Бк/м ³
А'	В'	С'	Д'	Е'	Ф'
1000Бк/м ³	960Бк/м ³	1000Бк/м ³	993Бк/м ³	955Бк/м ³	994Бк/м ³

Анализ результатов измерений объёмной активности радона-222, приведенных в таблице 1 показал, что объёмная активность радона-222 в хранилище твёрдых радиоактивных отходов Харьковского ГМСК в 10 раз превышает допустимые уровни (НРБУ-97 [10]). Измерения объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе объекта «Макаров» (рис. 5) осуществлялись как внутри хранилища твёрдых радиоактивных отходов, так и на прилегающей к нему территории.



Рис. 5 – Внешний вид хранилища твёрдых радиоактивных отходов объекта «Макаров».

Измерения объёмной активности радона-222 внутри контейнера хранилища осуществлялись радон-монитором Alpha Guard PQ 2000. Внутри контейнера хранилища источники массы радия-226 выделяют радон-222 с объёмной активностью в верхней части хранилища $1,2 \cdot 10^6$ Бк/м³ в объёме пустот хранилища 3 м³. Измерения объёмной активности радона-222 на территории, прилегающей к хранилищу твёрдых радиоактивных отходов объекта «Макаров» осуществлялись радон - мониторами Alpha Guard PQ 2000 и Atmos 12D, и были выполнены в приземном слое атмосферы в полярной системе координат.

Результаты измерений объёмной активности радона-222 в приземном слое атмосферы при радиусах 10м, 100м, 200м и 300м с центром в ядре хранилища твёрдых радиоактивных отходов приведены в таблице 2. Анализ результатов измерений объёмной активности радона-222, приведенных в таблице 2 показал, что объёмная активность радона-222 в хранилище твёрдых радиоактивных отходов объекта «Макаров» в 100 раз превышает допустимые уровни (НРБУ-97 [10]). Распространение радиоактивного газа радона в атмосферном воздухе хранилищ радиоактивных

отходов открытого типа происходит следующим образом (рис. 6).

Таблица 2 – Результаты измерений объемной активности радона-222 в приземном слое атмосферы объекта «Макаров».

Объёмная активность радона-222, Бк/м ³						
R, м \ φ	0°	60°	120°	180°	240°	300°
10	56·10 ³	58,7·10 ³	58,8·10 ³	55,1·10 ³	53,2·10 ³	53,3·10 ³
100	600,0	650,8	666,0	590,7	570,3	570,5
200	143,1	157,5	157,3	140,9	130,7	130,9
300	66,6	72,3	72,7	66,0	60,3	60,8

Выделившийся с поверхности хранилища образовавшийся радон путём диффузионно-конвективных процессов распространяется в приземном слое атмосферы и создаёт радоноопасную обстановку на территории окружающей «хвостохранилище» [2] (рис. 6).

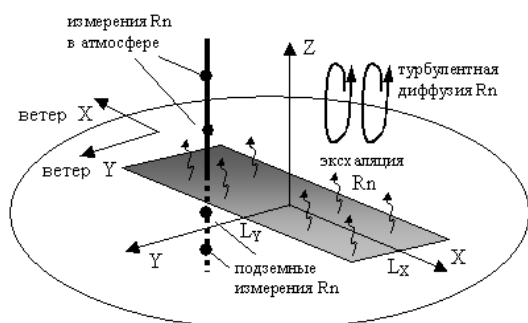


Рис. 6 – Распространение радона-222 в атмосферном воздухе хранилища радиоактивных отходов открытого типа.

Распространение радона-222 в атмосферном воздухе хранилища радиоактивных отходов открытого типа определяется пространственными вариациями метеорологических факторов, таких как направление и скорость ветра, скорость смешивания воздушных потоков в приземном слое атмосферы, влажностью и др.

Точное определение значений объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе

хвостохранилища затруднено даже с использованием специальных математических моделей из-за необходимости учёта вариаций различных метеорологических факторов. В любом случае исходным фактором для прогноза содержания радона-222 в атмосферном воздухе хранилища радиоактивных отходов открытого типа является плотность потока радона-222 с его поверхности (эксхалиция), Бк/м²·с.

Измерение концентрации радона-222 в атмосферном воздухе территории II секции «хвостохранилища» проводилось с помощью радиометра РГА-09М (определение эквивалентной равновесной объёмной активности радона-222 (ЭРОА)) и радиометра AlphaGuard PQ-2000 (определение эксхалиции). Измерения ЭРОА радона-222 в воздухе проведены экспресс-методом с помощью радиометра РГА-09М. Замеры проводились на средней высоте органов дыхания взрослого человека (1,5 м). Эксхалиция радона-222 с поверхности определялась с помощью радиометра AlphaGuard PQ-2000 и пробоотборного устройства [2]. Из сравнения значений ЭРОА, приведенных в таблице 4 со значением этого параметра, указанного в НРБУ-97 [10] следует, что величина ЭРОА для всех точек измерений не превышает критических значений. В то же время для ряда точек измерений величины эксхалиции значительно превышают нормативные значения согласно критерию радоноопасности территорий (таблица 5) [2].

Таблица 4 – Превышения концентрации радона-222 вокруг территории хвостохранилища

№ п/п	Номер точки измерения	ЭРОА радона-222 в воздухе, Бк/м ³	Эксхалиция радона-222 с поверхности, мБк·м ⁻² ·с ⁻¹	Координаты точки замера		
				N48°	E034°	H, см
3	S47		373 ± 14	25,448	43,057	132
9	S82A	5,23	162 ± 8	25,307	43,171	122
10	S85	4,83	257 ± 9	25,363	43,137	117
11	S99	4,8	181 ± 7	25,433	43,073	128
16	S170	13,28	317 ± 12	25,239	43,338	120

Таблица 5 – Критерии потенциальной радоноопасности территорий

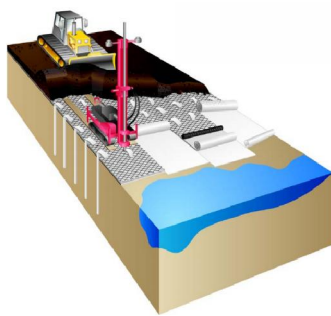
Категории потенциальной радоноопасности территорий	ЭРОА радона, Бк·м ⁻³	Плотность потока радона J, мБк·м ⁻² ·с ⁻¹	ОА радона C _{Rn} , кБк·м ⁻³
I	< 25	< 20	<< 10
II	25 – 100	20 – 80	10 – 40
III	> 100	< 80	> 40

Анализ результатов измерений концентрации радона-222 (табл. 4) показал, что значения плотности потока радона в определённых точках территории вокруг хвостохранилища превышают 80 мБк/м²·с

(табл. 5). Радоноопасность Сухачёвского хвостохранилища секция II определяется по величине значений плотности потока радона-222 с его поверхности.

Таким образом, анализ измерений объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилищ твёрдых радиоактивных отходов закрытого типа Харьковского ГМСК Укр ГО «Радон» и объекта «Макаров», и анализ измерений плотности потока радона-222 с поверхности Сухачёвского хвостохранилища секция II показал высокую радоноопасность данных объектов. Это является основанием для проведения мероприятий, которые снизят уровень значений объёмной активности радона-222 в воздухе хранилищ до значений, определённых в НРБУ-97 [10]. Для снижения уровня значений объёмной активности радона-222 в воздухе хранилища твёрдых радиоактивных отходов Харьковского ГМСК необходима установка датчиков радона-222 типа Napewell с сигнализатором, которые обеспечивают автоматическое включение принудительной системы вентиляции воздуха при соответствующей реакции датчиков. Данную систему противорадионовой защиты можно применить и к другим спецкомбинатам Укр ГО «Радон». Снижение уровня значений объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилища твёрдых радиоактивных отходов объекта «Макаров» было достигнуто путём его обезвреживания от твёрдых радиоактивных отходов и вывоза их с территории

Украины согласно договору СНВ-1. Для уменьшения поступления радона в атмосферу с поверхности хвостохранилища Сухачёвское II секция бывшего ПО «Приднепровский химический завод» можно использовать промышленные отходы [7], а также возможно применение технологии рекультивации (ремедиации) изоляции хвостохранилищ радиоактивных отходов немецкой компанией «Wismut GmbH» [11]. Процедура рекультивации (ремедиации) хранилища радиоактивных отходов немецкой компанией «Wismut GmbH», покрытого водой, состоит в следующем (рис. 7а) [11]: 1) устранение прудной воды, покрывающей хвостохранилище; 2) размещение сеточного покрытия для высыхания хвостохранилища и придания ему устойчивой платформы; 3) устранение поровой воды в теле хвостохранилища с помощью скважин; 4) создание устойчивой поверхности хвостохранилища для дальнейшей его изоляции; 5) размещение промежуточных покрытий на основе мембранных технологий с целью изоляции радона-222; 6) укладка финального покрытия, обеспечивающего полную изоляцию от окружающей среды выделяющегося из хвостохранилища радона-222 и механическую стойкость для дальнейшей эксплуатации территории хвостохранилища или его реабилитации.



а) фрагменты технологии ремедиации хвостохранилища, покрытого водой.



в) современный вид территорий бывших отвалов обеднённых руд и хвостохранилища предприятия «Висмут»;



б) ландшафт территории реабилитации Konigstein (Германия).

Рис. 7 (а, б, в) Рекультивация хвостохранилищ радиоактивных отходов компанией «WISMUT GmbH».

Выводы.

Разработаны подходы для оценки состояния хранилищ радиоактивных отходов открытого и закрытого типов относительно их радоноопасности по критериям НРБУ-97. Для хранилищ закрытого типа критерием радоноопасности нами выбрана

величина объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе, а для хранилищ радиоактивных отходов открытого типа объективным критерием радоноопасности – величина плотности потока радона с его поверхности.

Анализ значений объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе хранилища твёрдых радиоактивных отходов Харьковского ГМСК показал его радоноопасность для персонала. Для снижения радоноопасности необходимо установление датчиков радона-222 типа Hanewell с сигнализатором, которые обеспечивают автоматическое включение принудительной системы вентиляции воздуха при соответствующей реакции датчиков. Также на основе измерений и анализа значений объёмной активности радона-222 в атмосферном воздухе показана радоноопасность объекта «Макаров». Для устранения

радоноопасности объекта «Макаров» предложено обезвреживание твёрдых радиоактивных отходов с вывозом их с территории Украины. Результаты измерений плотности потока радона-222 с поверхности территории вокруг Сухачёвского хвостохранилища секция II показали значительную радоноопасность его отдельных участков. Для снижения радоноопасности поток радона-222 необходимо уменьшить, используя современные технологии изоляции и рекультивации хвостохранилищ.

Список литературы

1. Regulatory control of radioactive discharges to the environment iaea safety standards series No. GSG-9 International atomic energy agency Vienna, 2018
2. Солодовникова Л.Н., Тарасов В.А. Особенности оценки радоноопасности Сухачёвского хвостохранилища радиоактивных отходов Вісник НТУ «ХПІ» – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 41 (1263), – с. 81–86.
3. Солодовникова Л.Н. Метрологическое обеспечение экологических мониторингов радона в Украине. Труды VIII Международной научно-технической конференции «Метрология и измерительная техника» (Метрология-2012) т. II / Л.Н. Солодовникова – Харьков: ННЦ «Институт метрологии». 2012, – с. 592–599.
4. Солодовникова Л.Н., Тарасов В.А. Радоноопасность техногенно-усиленных природных источников ионизирующего излучения. Третя міжнародна конференція «Хімічна і радіаційна безпека: проблеми і рішення». – Київ, 2015, – с. 42–43.
5. Лисиченко Г.В., Ковач В.Е. Мировой опыт реабилитации урановых производств. В кн.: Збірник наукових праць «Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист». Вип. 6. Київ-Кременчук, 2013, – с. 4–12.
6. Дурасова Н.С., Коваленко Г.Д. Оценка радоноопасности ядерно-топливного цикла на примере хвосхохранилищ Приднепровского химического завода. Научные ведомости, серия Естественные науки. 2015, № 3 (200). Выпуск 30, – с. 176–181.
7. Солодовникова Л.Н., Тарасов В.А. Эколого-химические проблемы и радоноопасность отходов при переработке уранового сырья в Украине. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2/11 (62). 2013, – с. 24–27.
8. ДТЕУ 12-01-97 «Державний первинний еталон одиниці об'ємної активності радону-222».
9. ДСТУ 3536-97. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань об'ємної активності радону-222. Київ.: Держстандарт України. 1997, – 7 с.
10. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97); Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 [Текст] : офіційне видання. – К.: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1998. – 135 с. – (Нормативний документ МОЗ України).
11. WISMUT experience in uranium tailings storage management. Dr. Peter Schmidt, Head Department of Env. Monitoring Radiation Wismut GmbH, Moscow, Oct.31- Nov.2, 2011.

Bibliography (transliterated)

1. Regulatory control of radioactive discharges to the environment iaea safety standards series No. GSG-9 International atomic energy agency Vienna, 2018
2. Solodovnikova L.N., Tarasov V.A. Osobennosti ochenki radonooapasnosti Suhachjovskogo hvostohranilishha radioaktivnyh othodov Visnik NTU «KhPI» – Harkiv : NTU «KhPI», 2017. – № 41 (1263), – pp. 81–86.
3. Solodovnikova L.N. Metrologicheskoe obespechenie jekologicheskikh monitoringov radona v Ukraine. Trudy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Metrologija i izmeritel'naja tehnika» (Metrologija-2012) t. II / L.N. Solodovnikova – Har'kov: NNC «Institut metrologii». 2012, – pp. 592–599.
4. Solodovnikova L.N., Tarasov V.A. Radonooapasnost' tehnogennou-silennyh prirodnyh istochnikov ionizirujushhego izlucheniya. Tret'ja mizhnarodna konferencija «Himichna i radiacijna bezpeka: problemi i rishennja». – Kiïv, 2015, – pp. 42–43.
5. Lisichenko G.V., Kovach V.E. Mirovoj opit rehabilitacii uranovih proizvodstv. V kn.: Zbirnik naukovih prac' «Tehnogennoe-ekologichna bezpeka ta civil'nij zahist». Vip. 6. Kiïv-Kremenchuk, 2013, – pp. 4–12.
6. Durasova N.S., Kovalenko G.D. Ocenka radonooapasnosti jaderno-toplivnogo cikla na primere hvosohranilishh Pridneprovskogo himicheskogo zavoda. Nauchnye vedomosti, serija Estestvennye nauki. 2015, № 3 (200). Vypusk 30, – pp. 176–181.
7. Solodovnikova L.N., Tarasov V.A. Jekologo-himicheskie problemy i radonooapasnost' othodov pri pererabotke uranovogo syr'ja v Ukraine. Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij. 2/11 (62). 2013, – pp. 24–27.
8. DTEU 12-01-97 «Derzhavnij pervinnij etalon odinici ob'emnoj aktivnosti radonu-222».
9. DSTU 3536-97. Metrologija. Derzhavna povirochna shema dlja zasobiv vimirjuvan' ob'emnoj aktivnosti radonu-222. Kiïv.: Derzhstandart Ukraïni. 1997, – 7 p.
10. Normi radiacijnoj bezpeki Ukraïni (NRBU-97); Derzhavni gigenichni normativi DGN 6.6.1.-6.5.001-98 [Tekst] : oficijne vidannja. – K.: Viddil poligrafii Ukraïnskogo centru derzhсанepidnagljadu MOZ Ukraïni, 1998. – 135 p. – (Normativnij dokument MOZ Ukraïni).
11. WISMUT experience in uranium tailings storage management. Dr. Peter Schmidt, Head Department of Env. Monitoring Radiation Wismut GmbH, Moscow, Oct.31- Nov.2, 2011.

Надійшла (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Солодовникова Лідія Николаевна (Солодовнікова Лідія Миколаївна, Solodovnikova Lidija Nikolaevna) – Государственное научное учреждение «Научно-технологический комплекс «Институт монокристаллов» Национальной академии наук Украины»; заведуючий відділом екології; e-mail: lidy@ukr.net

Тарасов Владимир Алексеевич (Тарасов Володимир Олександрович, Tarasov Volodymyr Alekseevich) – Институт сцинтилляционных материалов Национальной академии наук Украины; д.ф.-м.н. заведуючий відділом сцинтилляційної радіометрії; e-mail: tarasov@isk.kharkov.com

Шабатин Валентин Николаевич (Шабатин Валентин Миколайович, Shabatın Valentın Nikolaevich) – начальник научно-производственного отдела инженерных изысканий і екологічних досліджень государственного підприємства «Український науково-дослідний і проектно-вишукувальний інститут промислової технології»; e-mail: valtin9@gmail.com

УДК 664.92

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.11

*N. KONDRATJUK, T. STEPANOVA***PROSPECTS OF AMARANTH USING IN THE BRINE SYSTEMS BASED ON URONATE POLYSACCHARIDES**

The article is devoted to the problem of improving the nutritional value of meat snack products by improving the composition of marinades with amaranth oil and mixtures for injection such as amaranth protein hydrolyzate. The authors considered the reasons for the creation of improved meat snack products with increased nutritional and biological value. The prospect of using amaranth in the composition of brine systems (mixtures for injection, massaging and soaking) for the production of meat snack products has been substantiated. The chemical composition of analogue brine systems and systems with the inclusion of amaranth is given. Use in the composition of brine for the injection of well-digestible proteins of vegetable origin is based on the fact that, together with the total increase in the moisture content of salty model fermented meat systems they allow to regulate the mass fraction of protein in the composition of finished products. Adding to the brine composition of animal protein in the amount from 0,5 to 1% allows to get meat systems with stable structural and mechanical characteristics.

Keywords: meat snacks, uronate polysaccharides, brine systems, injection, amaranth.

*Н. В. КОНДРАТЮК, Т. М. СТЕПАНОВА***ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АМАРАНТУ В РОЗСОЛЬНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ УРОНАТНИХ ПОЛІСАХАРИДІВ**

Стаття присвячена проблемі підвищення харчової цінності м'ясної снекової продукції за рахунок покращення складу маринадів маслом амаранту і сумішей для ін'єктування - гідролізатом протеїна амаранту. Авторами розглянуто причини, що призвели до необхідності створення покращеної м'ясної снекової продукції з підвищеною харчовою і біологічною цінністю. Обґрунтовано перспективу використання амаранту у складі розсольних систем (сумішей для ін'єктування, масажування та замочування) для виробництва м'ясної снекової продукції. Наведено хімічний склад аналогових розсольних систем і систем із включенням до складу амаранту.

Ключові слова: м'ясні снеки, уронатні полісахариди, розсольні системи, ін'єктування, амарант.

*Н. В. КОНДРАТЮК, Т. М. СТЕПАНОВА***ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АМАРАНТА В РАССОЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ УРОНАТНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ**

Статья посвящена проблеме повышения пищевой ценности мясной снековой продукции за счет улучшения состава маринадов маслом амаранта и смесей для инъектирования - гидролизатом протеина амаранта. Авторами рассмотрены причины, приведшие к необходимости создания улучшенной мясной снековой продукции с повышенной пищевой и биологической ценностью. Обоснована перспектива использования амаранта в составе рассольных систем (смесей для инъектирования, массажирувания и замачивания) для производства мясной снековой продукции. Приведен химический состав аналоговых рассольных систем и систем с включением в состав амаранта.

Ключевые слова: мясные снеки, уронатные полисахариды, рассольные системы, инъектирование, амарант.

Introduction. The popularity of meat products, in particular meat snacks, occupies a leading place among Ukrainian consumers. Recently, the number of publications on the improvement of meat products technologies has considerably increased. Their result testifies to a number of technological and economic advantages over the existing analogues of meat semi-finished products and meat and sausage products.

The authors [1], for example, cite the results of an analytical study based on the study of auxiliary materials, nutritional supplements and ingredients for brines, minced meat and shells. This allows to obtain high organoleptic characteristics, a good digestibility of the edible part of the product, and, above all, a high degree of readiness for further processing or consumption. The added nutritional ingredients have a tendency to improve the quality and increase the yield of cooked meat products. This is a necessity in the case of supply to the enterprises of the meat processing industry of raw materials with obvious and numerical signs of deviation from the standards. The negative tendency of increasing the low-quality raw materials intended for the manufacture of meat products and meat snacks is

primarily due to such unfortunately erratic phenomena as breeding achievements associated with the acute need to increase the rates of meat productivity, as well as stress factors that arise not only at the technological level, but also in the feed [2].

Nowadays, salted meat products belong to a group of delicatessen products and are quite popular. The assortment of snack meat products is widely represented by products made from beef, pork, lamb, horseradish etc. It is necessary to take into account the high quality of the input raw material and the main processes occurring with the meat salting in connection with the increase in demand for meat snack products.

This requires a comprehensive approach to the technological process. Firstly, it is necessary to make the right selection or regulation of raw materials, using innovative approaches related to the development of the composition of brine mixes [3]. Secondly, it is necessary to know perfectly the main changes occurring in the raw material during the biochemical processes associated with the stage of fermentation of the meat raw material in the marinade mixes both in the traditional dry method and in the wet, which is becoming popular [4].

© Kondratjuk H. V., Stepanova T. M., 2018

Thirdly, to know ways to improve the water holding and moisture-absorbing capacity of meat products prepared for drying, by means of additional injection gel systems, in particular on the basis of uronate polysaccharides [5].

It should be noted that at each stage of meat snack production, it is recommended to add various types of food ingredients, which not only increase the quality indices, but also improve the biological value. Nevertheless, in spite of high value of the last indicator, given products require the enrichment of a number useful substances, which are not contained in natural raw materials. They include vitamins, minerals, food fibres, biologically active substances, such as flavonoids and antioxidants.

Such an approach to the production of meat snack products is relevant and effective, both in terms of the people's nutrition strategy, taking into account their taste preferences as well as in terms of the profitability of the proposed technologies.

A known method of wet marinating in emulsion mixtures using vegetable oils (in most of the rapeseed) and the addition of spices, salts and extracts of spicy plants allows to soften the fibers and prevent the emergence of pathogenic microorganisms. Vegetable oils have several important technological functions, in particular, protecting protein substances of meat raw material from the denaturizing action of organic acids, which are present in marinating mixtures, prevent untimely drying of products and are good extracts for aromatic substances and fat-soluble vitamins [6].

One of the ways to improve the quality of snack products from meat is the addition of new non-traditional types of plant materials. They contain a balanced complex of proteins, lipids, vitamins and minerals and have a high nutritional, flavoring and therapeutic and prophylactic properties. Amaranth is the most perspective type of non-traditional plant raw materials for the obtaining assortment of snack products

A special interest is the use of amaranth as a valuable ingredient that has a high nutritional (Tabl.1) and biological value (Tabl. 2).

Table 1. Nutritional value of amaranth, g /100 g

Proteins	Fats	Carbohydrates	Water	Food fibres
21,6	4,1	58,6	12,8	6,7

By amino acid score amaranth seeds hydrolyzate is very similar to breast milk, which is considered to be a standard (Table 2). Furthermore, fats, which are in the amaranth seeds, have a high content of polysaturated fatty acids and biologically active components. The composition of fat includes olein, linoleic, linolenic fatty acids. Lipid fraction contains up to 10 % of squalene hydrocarbon. This is an unique substance, that precedes the synthesis of triterpenes and steroids, including sterols and their derivatives. They are very effective in the treatment and prevention of atherosclerosis [9].

Table 2. Comparative analysis of amino acids score of amaranth seeds hydrolyzate and breast milk, %

Amino acid	Contents	
	Amaranth [7]	Breast milk [8]
Valine	4,9	5,13
Isoleucine	3,9	4,59
Leucine	6,76	9,91
Methionine	1,84	1,82
Phenylalanine	4,18	7,61
Tyrosine	2,71	
Threonine	3,69	5,06
Lysine	6,4	7,74
Alanine	4,54	4,45
Arginine	10,64	4,35
Asparagine	8,48	9,62
Glycine	8,12	2,88
Glutamine	19,69	17,21
Histidine	2,98	2,86
Proline	4,61	8,06
Serine	5,55	5,27

Solving of problem in general and its connection with important scientific or practical tasks. Thereby, taking into account the useful physiological and technological properties of amaranth seeds, it is possible to predict that its oil is included in the emulsion mixture, intended for marinating (massaging) meat products before fermentolysis and an amaranth seed protein hydrolyzate added to the gel mixture for pre-drying injecting, able to improve the quality and increase the yield of meat products and snacks on their basis.

The purpose of the work is the analyze of possibility using oil and amaranth seeds hydrolyzate in the composition of emulsion mixtures for massage (marinating) and brine systems based on uronate polysaccharides for injection in order to improve of technological characteristics of raw materials and increase the consumer properties of finished products, namely meat snacks.

Presentation of the main materials. It is necessary to create the model, that take into account all stages of production, quality indicators and functional properties of product, according to the modern ideas about the principles of "designing" food systems.

Models are best represented in the form of mathematical dependence. Such equations can accurately describe changes in mineral, vitamin, amino acid and fatty acid composition, taking into account the quota of raw materials used. This reduces the matrix of experiments in relation to the composition of products and analyzes only developed mathematical models.

Created recipes are based on the concept of rational nutrition, according to which the normal human life requires the income of an amount of energy and basic nutrients in the body that would be adequate to daily expenses. Modelling also allows to calculate strictly certain relationships between many nutritional factors, as

proteins, fats, carbohydrates mineral and vitamin components [10]

Regardless of the used methods, the formulation and justification of the recipes involved the following stages:

- definition of requirements for ingredients and product in accordance with the task;
- selection of ingredients that provide the necessary properties of the product;
- determination of criteria and permissible limits (the smallest and largest fraction) of the ingredient in the recipes;
- search for the optimum ingredients in the recipes.

The task of calculating the optimal recipes was as follows:

- make a list of ingredients allowed for the production of beef based meat snacks;
- determine the basic characteristics of the control sample and each of the samples under study (moisture content, fat, protein, amino acids);
- establish the necessary mass of the resulting product, taking into account the quantitative ratios of the ingredients in the recipes, which allows to state that the finished product provides a set value of the optimization criterion.

The method of solving the task was, primarily, in the choice of the target function, the criteria of which were the balance of food and energy value. The food value was first determined during the construction of the model:

$$MP_a = \sum MP_{ai}; \quad (1)$$

$$MF_a = \sum MF_{ai}; \quad (2)$$

$$MC_a = \sum MC_{ai}; \quad (3)$$

$$EV = MP_a \cdot 4 + MF_a \cdot 9 + MC_a \cdot 4; \quad (4)$$

where MP_a – actual protein content in the finished product, g; MP_{ai} – actual protein content in the i-th ingredient, g; MF_a – actual fat content in the finished product, g; MF_{ai} – actual fat content in the i-th ingredient, g; MC_a – actual carbohydrate content in the finished product, g; MC_{ai} – actual carbohydrate content in the i-th ingredient, g; EV – energy value of finished product, kcal; *coefficients 4, 9, 4* – quantity of kcal, which are formed in the human body at oxidation of 1 g protein, 1 g of fat, 1 g of carbohydrates, respectively.

The assessment of the constraints on the main components was made taking into account the recommended daily allowance (RDA) [11–13].

Restriction criteria were set for the ideal protein and determined as a percentage of RDA for each amino acid.

If you need to get the protein content in the mix within certain limits (P_{min} , P_{max}), than the restriction on the content of amino acids is determined by the formulas 5 and 6:

$$A_{min_k} = \frac{F_a \times P_{min}}{100} \quad (5), \quad A_{max_k} = \frac{F_a \times P_{max}}{100} \quad (6).$$

Where F_a – the amino acid the content, corresponding to the scale of FAO/WHO (or ideal protein for this product).

Calculations of the recipes versions under the chosen optimization criterion, which was determined in the first stage, and the established restrictions were implemented, performing the input of the initial data, the formation of a simplex-table, calculations on the computer. The ingredient composition and the expected values of product characteristics were determined as a result of calculations.

The limitation on the amaranth oil and amaranth protein hydrolyzate amount was due to the rheological changes of the emulsion and gel for injection on the basis of uronate polysaccharides. In the first case, there should be no dissection, in the second case - sedimentation of coagulated particles of polysaccharides and proteins macromolecular solutions.

The production verification of the substantiation of recipes results was carried out according to traditional technology. After making the real product and performing the assessment (measurement) of its characteristics, they were compared with the estimated values and control dishes. If the deviation of the characteristics did not exceed the permissible level (meaning, within the limits), then the technical documentation for the product was developed. If the deviations were above the permissible level, then showed the reasons that caused them. The errors in measuring the actual characteristics of the ingredients, incorrect assessment of the level of technological losses, inaccurate dosage of ingredients, etc were considered of them.

The purpose of the recipes optimization is the product's balance on the main nutrients, the maximum approximation to the following requirements of healthy eating.

Discussion of results. Compositions of multifunctional brines of colloidal systems for marinating, massaging and further injecting of meat raw materials were selected and calculated. These compositions allow you to get a high-quality product, as "Dried&Salted Snack" (Beef).

Determination of the quantitative composition of multifunctional brines of colloidal systems for marinating, massaging and further injecting was carried out by calculation using the principles of combinatorics. The stability of rheological, physico and chemical indicators was taken into account in this case.

The process of making snack products was in three stages:

- I – marinating into the brine, that contain enzyme;
- II – massaging in the emulsion brine mixtures with the amaranth oil addition;
- III – injection with gel solutions based on uronate polysaccharides and enriched of amaranth seeds protein hydrolyzate;
- IV – drying in the infrared field.

The complex of components, that take part in the first three stages is given in the Table 3. It was used an unsalted meat raw materials with DFD classification during the research.

The meat salting had a preserving function at the beginning.

Simultaneous use of pepsidase with sodium chloride at salting and other salting ingredients, including extracts of spicy plants, stabilizes the color of meat raw material. During the biochemical and chemical reactions product becomes a specific taste and aroma. The principle of using instead of the plant part their extracts allowed increasing the environmental friendliness of the process, reducing the storage area and the amount of waste. The muscle tissue has swelled and its volume was increased during the salting. The water holding capacity was increased because proteolysis and protein salting out were carried out at reduced pH.

Diffusion and filtration processes took place at the first stage. The inorganic and organic salting ingredients come in deep into the meat at the same time. The number of centers for the binding of moisture decreases as a result of proteins coagulation. A part of moisture, extractive and protein substances, amino acids and other useful ingredients are lost from meat. These components should be stored as part of the finished product.

Therefore, at the second stage, the principle of massage was used in the same solutions that were formed at the end of the first stage. The amaranth oil was added to the meat juice that appeared at the end of the first stage in order to improve the composition, look of meat products and inhibition of moisture removal processes. The emulsion formed during this was used during massaging.

Massage lasted no more than 2,5 hours, since after this time the solubility of the proteins begins to decrease. The hydrophilicity of the meat products is reduced. In addition, prolonged mechanical processing can lead to significant destruction of meat structure. This will lead to unwanted additional moisture losses with dissolved substances in it. The method of preserving meat juice in the composition of sarcoplasmic proteins is necessary, since these proteins have enzymatic activity.

An adequate level of moisture in the product provides the process of ionization of sodium chloride in both the sarcoplasmic and myofibrillary proteins of DFD meat.

A nitrogen extractives, in particular, free amino acids accumulate according to this method, as a result of biochemical processes. Loss of free amino acids from the product is quite undesirable.

The method of maintaining free amino acids in the matrix of the gel based on the uronate polysaccharides composition was developed by us earlier [5].

It is known that pH affects the aroma of meat products. At pH 6,1–6,6 the taste and aroma are better than at pH 5,4–5,6. However, an increase in pH is undesirable because it will interfere with the biochemical processes and contribute to the emergence of pathogenic

microflora and is dangerous for the second stage. Therefore, the addition of gels in the mixture for injection is definitely a rational solution for simultaneous rising pH.

Gels have a pH of 6,9–7,2, a significant number of centers for the formation of hydrogen bonds for the accumulation and maintenance of hydrophilic substances in the gel and finished product, in particular protein molecules and free amino acids, minerals.

The amaranth hydrolysates, incorporated into injection mixtures based on uronate polysaccharides, are also well kept in the matrix of gels due to the implementation of the van der Waals gravity forces and increase the amount of amino acids in the finished product.

The products got a tender consistency, became more delicious and acquired a higher digestibility level at the end of the third stage of salting. The addition into a brine for extrusion a mixture of uronate polysaccharides with amaranth seeds proteins hydrolysates significantly increases the yield and provides high consumer characteristics of meat snacks.

It was noted that only gels based on uronate polysaccharide addition into the injection solution forms a defect in the cut of products in the form of gel formations in local breakdowns of the muscle structure and in the myofibrillar space.

Such defects in ready-made dry snacks were not observed, in the case of the amaranth seeds protein hydrolysates addition for the correction of structural and mechanical characteristics and nutritional value regulation.

The control sample was DFD beef, with pre-marinating, fermentation and drying.

Sample 1 – beef DFD with pre-marinating, massage in solution with enzyme preparations and extracts of spicy plants, injection of a gel solution on the basis of the uronate polysaccharides.

Sample № 2 – beef DFD, with pre-marinating, massage in solution with enzyme preparations and extracts of spicy plants with the addition of amaranth oil, injection of a gel solution on the basis of the uronate polysaccharides.

Sample № 3 – beef DFD, with pre-marinating, massage in solution with enzyme preparations and extracts of spicy plants with the addition of amaranth oil, injection of a gel solution on the basis of the uronate polysaccharides, enriched of amaranth seed protein hydrolysate.

The samples before the treatment had a mass of 100 g, but before the drying, the mass differed, as there were processes of hydration of different intensity.

The moisture content in the finished snacks did not exceed 13%. The amount of intra-linked moisture in samples № 1, 2 was equal to 0,63% due to the binding of the uronate polysaccharides. In sample № 3 – 1,78% at the expense of binding of the uronate polysaccharides and amaranth protein hydrolysate.

Table 3 Optimization of the recipe composition of meat snacks

Name of ingredients, %	Virtual models of recipes «Beef snacks»			
	Control	1	2	3
Chemical composition, %				
Moisture	12,83	10,95	9,30	6,80
Fat	5,3	5,3	7,3	7,3
Protien	79,27	79,5	79,15	81,6
Undigestible sugars	0	2,1	2,1	2,1
Ash	2,6	2,15	2,15	2,2
Dry matter (DM)	87,17	89,05	90,70	93,20
Energy value, kcal	364,78	365,7	382,3	392,1
Amino acid composition, g				
Asparagine	8,18	8,20	8,26	9,05
Threonine	3,70	3,71	3,73	4,08
Serine	3,60	3,61	3,64	3,75
Glutamine	14,18	14,23	14,32	14,54
Glicin	4,34	4,36	4,39	4,54
Alanine	5,03	5,05	5,09	5,16
Valine	4,76	4,77	4,81	4,87
Methionine	2,08	2,09	2,10	2,12
Isoleucine	3,60	3,61	3,64	3,69
Leucine	6,84	6,86	6,90	6,99
Tyrosine	3,05	3,06	3,08	3,11
Phenylalanine	3,70	3,71	3,73	3,78
Histidine	3,28	3,29	3,31	3,35
Lysine	7,34	7,37	7,42	7,49

In tabl. 3 shows the results of beef meat snacks optimization enriched with amaranth oil during massaging and hydrolysing the amaranth protein during injection with gel solutions on the basis of uronate polysaccharides.

Conclusions and perspectives of further development of this direction. Studies have shown that 30 ml of gels based on a 2% solution of uronate polysaccharides containing 5% dry amaranth seed protein hydrolysate can increase the content of useful amino acids by almost 11% compared with the control sample. The developed approaches are able to regulate deficiencies of DFD type meat products and help to obtain more stable quality indices in finished products. The enrichment of useful substances and the use of the developed sequence of technological operations minimizes the syneresis of model meat systems during their storage and allows them to make meat snacks softer than the consistency of their control analogs.

During the tasting, it was found that meat snacks, the method of preparation of which is given in the article,

have a painful taste, aroma, are softer, well-soaked with saliva and more original. The proposed method of meat snacks production makes it possible to produce them at food industry enterprises.

Use in the composition of brine for the injection of well-digestible proteins of vegetable origin is based on the fact that, together with the total increase in the moisture content of salty model fermented meat systems they allow to regulate the mass fraction of protein in the composition of finished products. Adding to the brine composition of animal protein in the amount from 0,5 to 1% allows to get meat systems with stable structural and mechanical characteristics.

Taking into account the high variability of the meat raw material properties, which depends on a number of factors (type of muscles, pH, durability and storage conditions, etc.), according to experimental data, it can be assumed that the content of vegetable protein in the composition of the injection mixture can vary from 5 to 10% to the weight of the gel on the basis of the uronate polysaccharides.

References

1. Захаров А.Н., Трифонов М.В., Асхабова М.Д. Пищевые добавки, ингредиенты и вспомогательные материалы в мясной промышленности // Все о мясе. 2012, т. 4, – с. 52–55.
2. Юнусов Э.Ш., Пономарев В.Я., Валеулов К.Г. Новые функциональные добавки для обработки мясного сырья с пониженными технологическими свойствами // Вестник Казанского технологического университета. 2011, – с. 88–92.
3. Кудряшов Л. С. Теория и практика интенсификации посола мяса // Вестник Марийского государственного университета. 2009, т. 2, № 1, – с. 129–132.
4. *Сага о созревании мяса* URL: <https://pracooking.livejournal.com/58993.html> (дата звернення: 10.12.2018).

5. Кондратюк Н. В. Гелі харчові плівкоутворюючі на основі уронатних полісахаридів у виробництві сумішей для ін'єктування м'ясопродуктів // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. 2018, т. 29, № 5, – с. 20–26.
6. Прянишников В.В. Виробництво м'ясних напівфабрикатів за інноваційними технологіями // Молодий вчений. 2014, т. 12, № 1, – с. 95–98. 2018.
7. Изучение аминокислотного состава семян амаранта печального сорта Воронежский до и после экстракции гексаном. URL: http://www.rusnauka.com/6_PNI_2012/Biologia/2_100288.doc.htm (дата звернення: 01.12.2018).
8. Amino-acid content of foods and biological data of proteins. URL: <http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T00.htm> (дата звернення: 01.12.2018).
9. Височина Г. И. Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования // Химия растительного сырья. 2013, т. 2, № 1, – с. 5–14.
10. Котлик С.В., Мардарь М.Р., Ульяницкий А.В. Программное моделирование оптимальных рецептур рациона питания в условиях ухудшения экологической обстановки // Экологічна безпека. 2008, т. 3, № 4, – с. 83–87.
11. Кондратюк Н.В., Деркач Т.М. Сучасні наукові напрями в харчуванні: навч. посібник. Дніпро, 2009, – 238 с.
12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. [текст], підручник з грифом МОНУ. – Київ: Центр учбової літератури, 2011, – 832 с.
13. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Денисова А.Є. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). [текст], підручник з грифом МОНУ. – Київ: Центр учбової літератури, 2016, – 470 с.
- Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009, vol. 2, № 1, – pp. 129–132
4. Saga o sozrevanii mjasa [Saga about mellowing of meat]. Available at: <https://pracooking.livejournal.com/58993.html> (accessed 10.12.2018).
5. Kondratjuk N.V. Geli xarchovi plivkoutvoryuyuchi na osnovi uronatnyx polisaxarydiv u vyrobnyctvti sumishej dlya inyektuvannya myasoproduktiv [Food envelop formation gels on the basis of uronate polysaccharides in the production of mixtures for the meat products injecting]. Vcheni zapysky TNU im. V.I. Vernadskoho. 2018, vol. 29, №5, – pp. 20–26.
6. Prjanyshnykov V.V. Vyrobnyctvo mjasnyx napivfabrykativ za innovacijnyimi texnologijamy [Production of meat semi-finished products by innovative technologies]. Molodyi vcheni. 2014, vol. 12, № 1, – pp. 95–98.
7. Izuchenie aminokislotojnogo sostava semjan amaranta pechal'nogo sorta Voronezhskij do i posle jekstrakcii geksanom [The study of the amino acid composition of seeds of amaranth sad varieties Voronezh before and after extraction with hexane]. Available at: http://www.rusnauka.com/6_PNI_2012/Biologia/2_100288.doc.htm (accessed 01.12.2018).
8. Amino-acid content of foods and biological data of proteins. Available at: <http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T00.htm> (accessed 01.12.2018).
9. Visochina G.I. Amarant (*Amaranthus L.*): himicheskiy sostav i perspektivy ispol'zovanija [Amaranth (*Amaranthus L.*): chemical composition and use prospects]. Himija rastitelinogo syrja. 2013, vol. 2, № 1, – pp. 5–14.
10. Kotlik S.V., Mardar M.R., Ulijanickij A.V. Programmnoe modelirovanie optimal'nyh receptur racionalnogo pitaniya v uslovijah uhudsheniya jekologicheskoj obstanovki [Software simulation of optimal dietary formulations in the face of environmental degradation]. Ecologichna bezpeka. 2008, vol. 3, № 4, – pp. 83–87.
11. Kondratjuk N. V., Derkach T. M. Suchasni naukovy naprjamy v kharchuvanni [Modern scientific directions in the nutrition]. Dnipro, 2009, – 238 p.
12. Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah. [tekst], pidruchnik z grifom MONU. – Kiiv: Centr uchbovoї literaturi, 2011, – 832 p.
13. Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.C. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi). [tekst], pidruchnik z grifom MONU. – Kiiv: Centr uchbovoї literaturi, 2016, – 470 p.

Надійшла (received) 23.10.2018

References (transliterated)

1. Zakharov A.N., Trifonov M.V., Askhabova M.D. Pishhevye dobavki, ingrediety i vspomogatel'nye materialy v mjasnoj promyshlennosti [Food additives, ingredients and auxiliary materials in the meat industry]. Vse o miase. 2012, vol. 4, – pp. 52–55.
2. Junusov Je.Sh., Ponomarev V.Ja., Valeulov K.G. Novye funktsionalnye dobavki dlja obrabotki mjasnogo syrja s ponizhennymi tehnologicheskimi svojstvami [New functional additives for the processing of raw meat with reduced technological properties]. Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2011, – pp. 88–92.
3. Kudrjashov L.S. Teorija i praktika intensivatsii posola mjasa [Theory and practice of meat salting intensification].

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кондратюк Наталія Вячеславівна (Кондратюк Наталья Вячеславовна, Kondratjuk Natalia Viacheslavivna) – кандидат технічних наук (PhD in Eng. S.), доцент, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, доцент кафедри харчових технологій; м. Дніпро, Україна; ORCID <http://orcid.org/0000-0003-4578-9108>; e-mail: kondratjukn3105@gmail.com.

Степанова Тетяна Михайлівна (Степанова Тетяна Михайлівна, Stepanova Tetiana Mykhailivna) – кандидат технічних наук (PhD in Eng. S.), Сумський національний аграрний університет, доцент кафедри технології харчування; м. Суми, Україна; ORCID <http://orcid.org/0000-0002-9392-3773>; email: eshkina97@gmail.com

Є. О. ГОНЧАРОВ, Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, О. А. ЛИТВИНЕНКО

ГЕОМЕТРИЧНА ІЗОМЕРИЗАЦІЯ НЕНАСИЧЕНИХ АЦИЛГЛІЦЕРИНІВ

Стаття присвячена дослідженню можливості використання ультрафіолетового випромінювання для зміщення рівноваги цис-транс-ізомеризації, що відбувається при гідруванні жирів в бік утворення цис-ізомерів на стадії виникнення напівгідрованого комплексу (іона карбонія). Доведено, що при абсорбції ненасичених ацилгліцеринів на активному алюмосилікатному катализаторі при температурі близько 240 °С спостерігається підвищення вмісту транс-ізомерів майже вдвічі щодо вихідного продукту. Обробка реакційної суміші ультрафіолетовим випромінюванням в таких умовах практично повністю блокує утворення нових транс-ізомерів ненасичених ацильних груп, тобто доведена можливість гальмування утворення транс-ізомерів. Зазначений вид обробки може бути використано для створення нової ефективної технології гідрування жирів з одержанням продукту, що містить мінімальну кількість транс-ізомерів або не містить їх зовсім. До того ж, продукти, що будуть одержані за цією технологією будуть суттєво дешевші від тих, що пропонує сучасна технологія (вичерпна гідрогенізація олій + пере етерифікація з не гідрованою олією).

Ключові слова: олія, жири, гідрування, транс-жири, ультрафіолетове випромінювання, цис-транс-ізомеризація.

Е. О. ГОНЧАРОВ, Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, Е. А. ЛИТВИНЕНКО

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИЗОМЕРИЗАЦИЯ НЕНАСЫЩЕННЫХ АЦИЛГЛИЦЕРИНОВ

Статья посвящена исследованию возможности использования ультрафиолетового излучения для смещения равновесия цис-транс-изомеризации, что происходит при гидрировании жиров в сторону образования цис-изомеров на стадии возникновения полугидрированного комплекса (иона карбония). Доказано, что при абсорбции ненасыщенных ацилглицеринов на активном алюмосиликатном катализаторе при температуре около 240 °С наблюдается повышение содержания транс-изомеров почти вдвое относительно исходного продукта. Обработка реакционной смеси ультрафиолетовым излучением в таких условиях практически полностью блокирует образование новых трансизомеров ненасыщенных ацильных групп, то есть доказана возможность торможения образования транс-изомеров. Указанный вид обработки может быть использован для создания новой эффективной технологии гидрирования жиров с получением продукта, содержащего минимальное количество транс-изомеров или не содержащих их вовсе. К тому же, продукты, полученные по этой технологии, будут существенно дешевле тех, что предлагает современная технология (исчерпывающая гидрогенизация масла + переэтерификация с негидрированным маслом).

Ключевые слова: масло, жиры, гидрирование, транс-жиры, ультрафиолетовое излучение, цис-транс-изомеризация..

Y. O. GONCHAROV, F. F. GLADKIY, O. A. LITVINENKO

GEOMETRICAL ISOMERIZATION OF UNSATURATED ACYLGLYCERINES

The article is devoted to the study of the possibility of using ultraviolet radiation to shift the equilibrium of cis-trans-isomerization, which occurs during the hydrogenation of fats towards the formation of cis-isomers at the stage of the appearance of a semi-hydrated complex (carbonium ion).. It has been shown that when absorbing unsaturated acylglycerols on an active aluminosilicate catalyst at a temperature of about 240 °C, the content of trans isomers is increased almost twice as much as the initial product. Treatment of the reaction mixture with ultraviolet radiation in such conditions almost completely blocks the formation of new trans isomers of unsaturated acyl groups, that is, the possibility of inhibition of the formation of trans isomers is proved. This type of treatments can be used to create a new effective fat hydrogenation technology to obtain a product containing a minimal amount of trans isomers or does not contain them at all. In addition, products that are produced by this technology will be significantly cheaper than those offered by modern technology (exhaustive hydrogenation of oils + re-esterification with non-hydrogenated oil).

Keywords: oil, fats, hydrogenation, trans fats, ultraviolet radiation, cis-trans-isomerization.

Вступ. Деякий час тому на ринку жирів з'явилися продукти зі зниженим вмістом насичених жирних кислот і транс-ізомерів. Прикладами таких продуктів є: рідкі фритюрні жири, призначені для заміни пластичних фритюрних жирів, які використовуються при смаженні за інтенсивними режимам на підприємствах громадського харчування; зріджені хлібопекарські шортенінги, в котрих функціональні властивості забезпечують емульгатори, призначені для заміни пластифікованих шортенінгів; рецептури жирової основи брускового маргарину з високим вмістом рідкої олії для заміни рецептур з гідрогенізованими оліями; столові спреди зі зниженим вмістом жиру для заміни маргарину [1].

Зниження вмісту транс-ізомерів в олійно-жирових продуктах – загальносвітова тенденція, пов'язана з відкриттям ролі транс-ізомерів у розвитку серцево-судинних та різних хронічних захворювань. Тому Всесвітня організація охорони здоров'я (ФАО/ВООЗ) визначила, що споживання будь-якої кількості промислових транс-ізомерів жирних кислот шкідливо для здоров'я і в 2003 році рекомендувала

знижити рівень їх споживання до 1 % від добової калорійності раціону (2–3 г), а в 2009 році – повністю видалити промислові транс-жири з харчових продуктів. На сьогоднішній день існують рекомендації ЄС щодо обмеження транс-ізомерів жирних кислот у харчових продуктах – не більше 2 % від загального вмісту жиру [2, 3].

Основним джерелом надходження промислових транс-жирів в продукти харчування є частково гідрогенізовані рослинні олії, які утворюються в процесі гідрування рослинних олій. Існує безліч можливостей зниження рівня транс-ізомерів жирних кислот, але, як правило, за рахунок підвищеного вмісту насичених жирних кислот. На основі жирів і масел можливе виготовлення продуктів, вільних від транс-ізомерів, однак присутність насичених жирних кислот потрібна для забезпечення необхідного змісту твердих тригліцеридів, від якого залежать функціональні властивості пластичних і рідких продуктів.

© Гончаров Є. О., Гладкий Ф. Ф., Литвиненко О. А., 2018

У деяких випадках можливе зниження вмісту насичених жирних кислот, проте повне виключення їх зі складу неможливе без втрати функціональних властивостей.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями Актуальним питанням є пошук методу модифікації жирів, який дозволив би отримати вільний від транс-ізомерів продукт або такий, що не містить їх у великій кількості, а також являється технологічно простим та економічно вигідним. Незважаючи на проведені дослідження в області цис-транс-ізомерії, на даний момент ще не було проведено подібних експериментів щодо жирів.

У зв'язку з цим було поставлено задачу визначити можливість запобігання цис-транс-ізомеризації в ході гідрування, тобто зробити цей процес енергетично не вигідним. Вирішити вказану задачу нами запропоновано шляхом використання енергії ультрафіолетового випромінювання, що, як відомо, більш інтенсивно поглинається транс-ізомерами речовин, які мають подвійні зв'язки.

Механізм фотохімічної ізомеризації можна представити таким чином. При поглинанні світла молекула олефіна переходить в збуджений стан, енергія якого значно вище найвищого бар'єру. Якщо енергія не втрачається тут же на флуоресценцію, то вона може переходити в коливальну і обертальну енергію, і обертання навколо центрального зв'язку може стати таким, що при порушенні стану цис- і транс-ізомери будуть перетворюватися один в одного. Оскільки енергія збудженого стану цис-ізомерів вище, то молекула, що обертається, перебуває більш тривалий час в цій формі, ніж в формі, що відповідає порушеній станом транс-молекули. Оскільки збуджена молекула, що обертається, знаходиться більше часу в конфігурації, яка відповідає цис-основному стану, то більша ймовірність, що при втраті енергії вона повернеться в основний цис-стан, а не в транс. Таким чином, в стаціонарному стані будуть переважати цис-молекули.

Слід розглянути і деякі інші точки зору на механізм фотохімічної ізомеризації. Зазвичай цис- і транс-ізомери поглинають світло кілька різної довжини хвилі. Якщо їх опромінюють строго монохроматичним світлом, то ізомер, який поглинає світло, повинен кількісно перетворюватися в ізомер, що не поглинає світло. Навіть якщо випромінювання являє собою ультрафіолетове світло з широким спектром і з приблизно однаковою інтенсивністю в усій області поглинання обох ізомерів, все ж необхідно враховувати той факт, що транс-ізомери поглинають зазвичай сильніше, ніж цис-ізомери. Це призводить до того, що навіть при однаковій ймовірності переходу фотозбудженого стану в цис- і транс-основний стан має мати місце деяке сумарне перетворення транс-форми в цис-форму [4].

Мета та задачі дослідження. Мета дослідження – визначення раціональних умов проведення ізомеризації жирів у присутності каталізатору і ультрафіолетового випромінювання. Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– провести реакції ізомеризації жиру у присутності каталізатору з різними умовами кожного досліду;

– дослідити початковий та ізомеризовані зразки жиру за допомогою хроматографічного аналізу та інфрачервоної спектроскопії;

– визначити раціональні умови проведення процесу ізомеризації жирів у присутності алюмосилікатного каталізатору та ультрафіолетового випромінювання, отримати математичний опис процесу.

Матеріали і методи дослідження. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувалися в експерименті:

– олія соняшникова рафінована дезодорована згідно з ДСТУ 4492:2005;

– саломас рафінований дезодорований марки М5 згідно з ДСТУ 4050:2008;

– алюмосилікатний каталізатор (відбілена глина) згідно з СОУ 15.4-37-210:2004

– Глини відбільні жирні та порошки фільтрувальні жирні;

– кварцева лампа; фарфорові стаканчики.

Методика проведення дослідження. Оскільки температура, тривалість процесу та концентрація каталізатору є основними параметрами проведення реакції гідрогенізації, які впливають на повноту протікання процесу в початковому жирі, то їх варіація в експерименті дозволила б отримати дані щодо кількості утворених транс-ізомерів. Тому було вирішено провести реакції ізомеризації в результаті нагрівання жиру з каталізатором при певних умовах для наступного аналізу на характеристику жирно-кислотного складу, а також пошуку умов, при яких вміст транс-ізомерів був би мінімальним. Для першого експерименту було вирішено провести ізомеризацію соняшникової рафінованої дезодорованої олії у присутності алюмосилікатного каталізатору (відбіленої глини), оскільки загально прийнято вважати, що алюмосилікатний каталізатор викликає поляризацію подвійного зв'язку олефінів і передає останньому протон, в результаті чого забезпечується утворення іона карбонія, перетворення якого викликає ізомеризацію і полімеризацію олефінів, парафінів і ін. На першому етапі дослідження перевірено алюмосилікатний каталізатор на ефективність ізомеризації та виявлено загальну кількість транс-ізомерів, що утворилися у продукті [5, 6, 7]. Олія нагрівалася на піщаній бані при температурі 145–155 °С в трьох фарфорових стаканчиках: в першому нагрівалася 1 год. без каталізатора (зразок 1), в другому – 2 год. з каталізатором (зразок 2) і в третьому – 5 год. з каталізатором (зразок 3). Вміст жирних кислот в зразках ізомеризованої олії виявлено хроматографічним методом та представлено у табл. 1

Таблиця 1 – Вміст жирних кислот в зразках ізомеризованої олії у відсотках

Жирні кислоти	Зразок 1, %	Зразок 2, %	Зразок 3, %
Міристинова кислота, C 14:0	0,0973	0,1247	0,0963
Пальмітинова кислота, C 16:0	6,7626	6,7194	6,9368
Пальмітолеїнова кислота, C 16:1n9	0,0932	0,0978	0,1181
Стеаринова кислота, C 18:0	3,5701	3,5285	3,7479
Елаїдинова кислота, C 18:1n9t	0,2889	0,7834	1,1144
Олеїнова кислота, C 18:1n9c	27,4798	27,4979	28,0612
Лінолеаїдинова кислота, C 18:2n6t	0,4411	1,1279	1,5192
Лінолева кислота, C 18:2n6c	59,8454	58,5709	56,6702
Арахінова кислота, C 20:0	0,2363	0,2251	0,2621
Ліноленова кислота, C 18:3n3	0,1417	0,1341	0,1550
Ейкозадієнова кислота, C 20:2n6	0,1142	0,2901	0,3659
Бегенова кислота, C 22:0	0,6714	0,6772	0,7096
Ейкозопентаєнова кислота, C 20:5n3	0,2580	0,2230	0,2433

В результаті хроматографічного аналізу виявлено, що кількість транс-ізомерів у зразку, який нагрівався 5 годин з алюмосилікатним каталізатором вище майже в 4 рази, ніж у зразку без каталізатора, що нагрівався 1 годину без каталізатора.

В другому експерименті в якості матеріалу використовувався саломас марки М5, а в якості каталізатора гідрувана – відбілена глина. Подібно до попередніх експериментів, було взято 3 зразка саломасу в такій же кількості, які нагрівалися 5 годин при температурі 180–240 °С: 1 – саломас у чистому виді (зразок 1), 2 – саломас з алюмосилікатним каталізатором (зразок 2), 3 – саломас з алюмосилікатним каталізатором і ультрафіолетовим випромінюванням (зразок 3). Довжина піків поглинання жирних кислот визначена методом інфрачервоної спектроскопії та

представлена у таблиці 2. В результаті інфрачервоної спектроскопії отримано спектри поглинання жирних кислот, які входять до саломасу. За пік поглинання транс-ізомерів прийнято 969 см⁻¹ – спектр поглинання елаїдинової кислоти. Після проведення горизонталі на рівні спектру поглинання контрольного піку 1602 см⁻¹ і перпендикуляра до цього спектра в 969 см⁻¹ можна умовно судити про кількість транс-ізомерів у зразках.

Таким чином, можна спостерігати, що зразок 2 має значну кількість транс-ізомерів, а зразок 3 – близький за складом до зразка саломасу, який нагрівався без каталізатора і ультрафіолетового випромінювання, що свідчить про здатність ультрафіолетового опромінення перешкоджати утворенню транс-ізомерів.

Таблиця 2 – Вміст транс-ізомерів в зразках ізомеризованого саломасу

№ п/п	Температура нагрівання T, °С	Час нагрівання t, хв	Концентрація каталізатора C, %	Довжина піку поглинання I, мм
1	240	300	10	37
2	240	300	10	52
3	240	300	10	38

З метою пошуку раціональних умов, при яких би утворювалася мінімальна кількість транс-ізомерів, сплановано і виконано повнофакторний експеримент. Дослідженнями встановлено, що найважливішими факторами, які впливають на перебіг вказаного процесу, є наступні: X₁ – температура нагрівання, °С; X₂ – тривалість нагрівання, хв; X₃ – концентрація каталізатора, %. Для реалізації дослідів за обраним планом було проведено визначення інтервалів варіювання (табл. 3), а також складено матрицю планування експерименту (табл. 4). В результаті

обробки дослідних даних [8] отримано рівняння регресії, що адекватно описує експеримент та відображає залежність кількості транс-ізомерів (за довжиною піку поглинання) від основних параметрів: $y = -3218,34 + 0,2125T + 0,197t - 0,025C$. Проведені експерименти і виведене рівняння регресії для процесу ізомеризації саломасу з алюмосилікатним каталізатором вказує на його більшу чутливість до температури та часу нагрівання, і в меншій мірі до концентрації каталізатора.

Таблиця 3 – Результати варіювання змінних

Фактори	Умове позначення	Діапазон зміни	Нульовий рівень	Інтервал варіювання
T, °С	X ₁	200-240	220	20
t, хв	X ₂	30-360	195	165
C, %	X ₃	10-30	15	5

Таблиця 4 – Матриця планування експерименту та його результати

№ зразка	Фактори в натуральному вигляді			Результати експерименту
	T, °C	τ, хв	C, %	Довжина піку поглинання I, мм
1	240	360	20	44
2	200	360	20	52
3	240	30	20	44
4	200	30	20	49
5	240	360	10	51
6	200	360	10	65
7	240	30	10	47
8	200	30	10	46
9	220	165	15	37

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку. В результаті експерименту визначено властивість відбільної глини як каталізатора, а також умови, при яких не утворюються транс-ізомери або вони утворюються в мінімальній кількості.

Отримано математичний опис залежності утворення транс-ізомерів від температури нагрівання, тривалості нагрівання та концентрації каталізатора. Найкращий результат (мінімальна кількість транс-ізомерів) було отримано при

усереднених умовах. Таким чином, підтверджено гальмування утворення транс-ізомерів у жирі при подачі енергії у вигляді ультрафіолетового опромінення. Робота потребує подальшого продовження в цілях пошуку умов, при яких можна було б отримати продукт з ще меншою кількістю транс-ізомерів або їх відсутністю.

Дана робота може бути впроваджена в технології гідрогенізації як новий спосіб отримання модифікованого жиру вільному від транс-ізомерів в кінцевому продукті.

Список літератури

- Jeung, H. L. Physical properties of trans-free bakery shortening produced by lipase-catalyzed interesterification / H.L.Jeung, C.A. Casimir, L. Ki-Teak // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2008. – Vol. 85:1, – p.11.
- Зайцева Л. В. Транс-ізомери жирних кислот – вред и опасность / Л.В. Зайцева // Масла и жиры. 2015. – № 3–4, – с. 25–27.
- Зайцева Л. В. Транс-ізомери жирних кислот: история вопроса, актуальность проблемы, пути решения / Л.В. Зайцева, А.П. Нечаев, В.В. Бессонов – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 56 с.
- Илиел Э.Л. Стереохимия соединений углерода: научное издание / Э.Л. Илиел; пер.: Л. С. Исаева, В. И. Соколов; ред. В. М. Потопов. – М.: Мир, 1965. – 460 с.
- Тютюнников Б.Н. Об изменении радикалов жирных кислот при нагревании сложных эфиров с алюмосиликатом кислого характера / Б.Н. Тютюнников, И.В. Богдан // Маслобойно-жировая промышленность. 1962. – №3, – с. 6.
- Тютюнников Б.Н. Об элаидирующем действии никеля в процессе образования изоолеиновых кислот / Б.Н. Тютюнников, И.В. Богдан // Маслобойно-жировая промышленность. 1963. – №2, – с. 8.
- Тютюнников Б.Н. О Механизме образования транс-изомеров олеиновых кислот при гидрировании радикалов олеиновой кислотой / Б.Н. Тютюнников, И.В. Богдан // Маслобойно-жировая промышленность. 1964. – №4, – с. 6.
- Бухкало С.И. Конспект лекций по курсу «Математичне моделювання та застосування ЕОМ у біотехнології» / С.И. Бухкало. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2017. – 97 с.

Bibliography (transliterated)

- Jeung, H. L. Physical properties of trans-free bakery shortening produced by lipase-catalyzed interesterification / H.L.Jeung, C.A. Casimir, L. Ki-Teak // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2008. Vol. 85:1, – p.11.
- Zaytseva L.V. Trans-izomeryi zhirnykh kislot – vred i opasnost / L.V. Zaytseva // Masla i zhiry. 2015. – № 3-4, – pp. 25–27.
- Zaytseva L.V. Trans-izomeryi zhirnykh kislot: istoriya voprosa, aktualnost problemyi, puti resheniya / L.V. Zaytseva, A.P. Nechaev, V.V. Bessonov – M.: DeLi plus, 2012. – 56 p.
- Iliel E.L. Stereokhimiya soedineniy ugleroda: nauchnoe izdanie / E.L. Iliel; per.: L.S. Isaeva, V.I. Sokolov; red. V.M. Potapov. – M.: Mir, 1965. – 460 p.
- Tjutjunnikov B.N. Ob izmenenii radikalov zhirnykh kislot pri nagrevanii slozhnykh jefirov s aljunosilikatom kislogo haraktera / B.N. Tjutjunnikov, I.V. Bogdan // Maslobojno-zhirovaja promyshlennost'. 1962. – №3, – 6 p.
- Tjutjunnikov B.N. Ob jelaidinirujushhem dejstvii nikelja v processe obrazovaniya izooleinovykh kislot / B. N. Tjutjunnikov, I.V. Bogdan // Maslobojno-zhirovaja promyshlennost'. 1963. – №2, – 8 p.
- Tjutjunnikov B.N. O Mehanizme obrazovaniya trans-izomerov oleinovykh kislot pri gidrirovanii radikalov oleinovykh kislot / B. N. Tjutjunnikov, I.V. Bogdan // Maslobojno-zhirovaja promyshlennost'. 1964. – №4, – 6 p.
- Bukhhalo S.I. Konspekt lekcij po kursu «Matematichne modeljvannja ta zastosuvannja EOM u biotekhnologii» / S.I.Bukhhalo. – Harkov: NTU «HPI». 2017. – 97 p.

Надійшла (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гончаров Євген Олександрович (Гончаров Евгений Александрович, Goncharov Yevhen Oleksandrovich) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри технології жирів та продуктів бродіння, м. Харків, Україна; e-mail: failurehater@gmail.com

Гладкий Федір Федорович (Гладкий Федор Федорович, Gladkiy Fedir Fedorovich) – професор, доктор технічних наук, професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID № 0000-0002-7995-0863; e-mail: gladky2009@gmail.com.

Литвиненко Олена Анатоліївна (Литвиненко Елена Анатольевна, Litvinenko Olena Anatoliyivna) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID № 0000-0003-0493-1585; e-mail: elena.litvinenko14@gmail.com

Є. А. ПОЛИВАНОВ, М. В. МАЛЕЦЬКИЙ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКСТРУДОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ З АЛКОПРОТЕКТОРНОЮ ДІЄЮ НА ОСНОВІ РИБНОЇ СИРОВИНИ

У статті наведений аналіз динаміки споживчих вподобань екструдованої снекової продукції на основі рибної сировини та обґрунтована доцільність створення харчових композицій з крупок зернових та картопляних пластівців, збагачених рибними порошками, з регульованим хімічним складом та біологічною цінністю. З точки зору хімічних та біохімічних процесів описано властивості гліцину та бурштинової кислоти, як речовин, що нейтралізують токсичну дію ацетальдегіду в організмі людини під час вживання слабоалкогольних напоїв. Обґрунтована перспективність виробництва екструдованої продукції з компонентами, що перешкоджають руйнуванню клітин печінки та мозку у разі споживання слабоалкогольних напоїв. Проведена органолептична оцінка розроблених екструдованих продуктів, за результатами якої обґрунтована перспективність використання рибних порошоків для виробництва екструдованих продуктів.

Ключові слова: снеки, рибні порошки, екструдована продукція, алкопротектори, гліцин, бурштинова кислота.

Е. А. ПОЛИВАНОВ, М. В. МАЛЕЦКИЙ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРУДИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ С АЛКОПРОТЕКТОРНЫМ ДЕЙСТВИЕМ НА ОСНОВЕ РЫБНОГО СЫРЬЯ

В статье приведен анализ динамики потребительских предпочтений экструдированной снековой продукции на основе рыбного сырья и обоснована целесообразность создания пищевых композиций из крупок зерновых и картофельных хлопьев, обогащенных рыбными порошками, с регулируемым химическим составом и биологической ценностью. С точки зрения химических и биохимических процессов описаны свойства глицина и янтарной кислоты, в качестве веществ, нейтрализующих токсическое действие ацетальдегида в организме человека при употреблении слабоалкогольных напитков. Обоснована перспективность производства экструдированной продукции с компонентами, препятствующими разрушению клеток печени и мозга во время употребления слабоалкогольных напитков. Проведена органолептическая оценка разработанных экструдированных продуктов, по результатам которой обоснована перспективность использования рыбных порошков для производства экструдированных продуктов.

Ключевые слова: снеки, рыбные порошки, экструдированная продукция, алкопротекторы, глицин, янтарная кислота.

Y. A. POLYVANOV, M. V. MALETSKY

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF EXTRUDED FOODS WITH ALCOPROTECTIVE ACTION ON THE BASIS OF FISH RAW

The article analyzes the dynamics of consumer preferences of extruded snack foods on the basis of fish raw materials and substantiates the expediency of creating food compositions from grains of cereals and potato flakes enriched with fish powders, with regulated chemical composition and biological value. From the point of view of chemical and biochemical processes, the properties of glycine and amber acid are described as substances that neutralize the toxic effect of acetaldehyde in the human body during the use of low-alcohol beverages. The prospect of production of extruded products with components that prevent the destruction of liver and brain cells in the case of low-alcohol beverages is substantiated. The organoleptic evaluation of extruded products developed, the results of which proved the prospect of using fish powders for the production of extruded products. In the given work the technology of innovative food product - with functional alcoprotective properties was presented. It is assumed that this product will expand the range of snack snacks to low-alcohol beverages and will be a reliable protection against the harmful effects of alcohol and its metabolism products in the human body.

Keywords: snacks, fish powders, extruded foods, alcoprotectors, glycine, succinic acid.

Вступ. Вживання слабоалкогольних напоїв – було і залишається невід'ємною частиною відпочинку багатьох людей. Слабоалкогольні напої дуже популярні серед населення, незалежно від статі і віку. Але навіть вживання незначної кількості етанолу, може призвести до отруєння організму продуктами його розпаду.

За існуючими даними [1] стало відомо, що серед українців лідируючі позиції займає пиво. Майже 50% українців вважають своєю нормою – 0,5 л і близько 30 % вважають, що не завадить організму і 1–2 л. При цьому, більше половини респондентів чоловічої статі відповіли, що вживають пиво щодня.

Регулярне вживання алкоголю, навіть і в незначних кількостях, також здатне завдати шкоди організму і спричинити інтоксикацію продуктами розпаду, а саме, – ацетальдегідом. Зниження концентрації уваги, здатності до навчання і соціальної адаптації – це основні наслідки інтоксикації організму ацетальдегідом.

Науці відомі речовини, які знижують шкідливий вплив алкоголю і продуктів його метаболізму на організм. До них належать амінокислоти, зокрема гліцин, гепатопротектори і бурштинова кислота. Гепатопротектори захищають печінку під час вживання алкоголю, попереджають порушення функцій печінки і розвитку цирозу. Гліцин і бурштинова кислота прискорює виведення алкоголю і захищає організм від токсичних продуктів метаболізму.

На сьогоднішній день не існує продукту, який міг би виступати закускою до слабоалкогольних напоїв і при цьому мати алкопротекторні властивості. Тому, метою дослідження стало створення продукту, який не поступається за органолептичними показниками популярним закускам (снекам) і при цьому має алкопротекторні властивості. При цьому особливо враховуватиметься економічна складова

**Роботу виконано під керівництвом к.т.н., доцента Кондратюк Н.В.
© Поливанов Е.А., Малецкий М.В., 2018*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Проблема надмірного вживання алкогольних і слабоалкогольних напоїв на сьогодні гостро стоїть в Україні.

За даними дослідження, проведеного в 2015-му році міжнародним Фондом UNICEF «Здоров'я та поведінкові орієнтації молоді» майже 84% українців, які не досягли 18 років, пробували алкоголь, а пиво вживали більше 20% підлітків.

Незважаючи на те, що пиво належить до слабоалкогольних напоїв і не вважається споживачем, як серйозний алкогольний напій, воно все одно завдає шкоди організму.

Для більшості українців (50,2% респондентів) середня норма споживання пива складає 0,5 л і менше (16,3%). Однак близько третини респондентів (29,8%) споживають щодня 1...2 л пива. Більшість респондентів-жінок також споживає пиво: 0,5 л (55%) і 0,33 л (31%). Серед жінок найбільшу групу складають респонденти, які споживають пиво менше 1 разу на тиждень – 59%. У той же час, число респондентів, які п'ють пиво 1–4 рази в тиждень, більше серед чоловіків – 41,3%. І, відповідно, менше чоловіків споживають пиво менше 1 разу на тиждень – 29,5%. [1]

Заборонити споживання алкоголю, зокрема слабоалкогольних напоїв, неможливо, оскільки це - частина культури відпочинку більшості людей. Проте такий відпочинок можна зробити менш небезпечним для організму.

Відомі науці факти свідчать про існування таких речовин, які відповідають за розщеплення алкоголю у печінці (гепатопротектори) і речовин, які прискорюють розпад алкоголю (алкопротектори). Однак вони дуже рідко надходять в організм через те, що випускаються у формі медичних препаратів. Такі речовини є і у складі харчової сировини і у вигляді дієтичних добавок до їжі. Тому головним завданням роботи стало створення органолептично привабливої закуски до пива з алкопротекторними властивостями.

Об'єктом дослідження стала технологія снекової екструдованої продукції з алкопротекторною дією.

Предметом дослідження стала – снекова екструдована продукція на основі крупок з кукурудзи, пшениці, рису, картопляних пластівців та рибних порошоків із підвищеним вмістом гліцину та бурштинової кислоти.

Джерелом гліцину став сухий рибний фарш з судака та коропа із додаванням сухого фаршу з лосося. Бурштинову кислоту було внесено у вигляді розчину, який додається під час змочування круп'яної суміші перед екструдуванням.

Викладання основного матеріалу досліджень.

Гепатопротектори – це такі речовини, які підтримують роботу печінки і захищають її під час атаки токсичних речовин або вірусів. Вони бувають натурального походження:

- екстракти рослин;
- флавоноїди;

- органічні препарати тваринного походження;
- есенціальні фосфоліпіди.

І напівсинтетичного - напівсинтетичні флавоноїди.

Усі гепатопротектори підсилюють роботу печінки та підвищують її стійкість до патологічних впливів, в тому числі і від впливу продуктів розпаду алкоголю.

Силібінін – біологічно активна речовина екстракту розторопші плямистої - стимулює синтез протеїнів і прискорює регенерацію пошкоджених гепатоцитів.

Напівсинтетичним аналогом силібініну за хімічною будовою є тетра-гідрокси-5,7,3-4-флаванол-3, механізм гепатопротекторної дії якого обумовлений зв'язуванням токсичних вільних радикалів і стабілізацією клітинних мембран з лізосомами (що властиво й іншим флавоноїдам). Крім того, під впливом тетра-гідрокси-5,7,3-4-флаванол-3 відбувається стимуляція біосинтезу АТФ в печінці, тим самим полегшується перебіг біохімічних реакцій, пов'язаних з витратою енергії на фосфорилування в печінці. Тетра-гідрокси-5,7,3-4-флаванол-3 здатний стабілізувати мембрани, зменшуючи їх проникність для низькомолекулярних водорозчинних сполук, що транспортуються шляхом вільної і обмінної дифузії [2].

Сірепар – органічний препарат тваринного походження – являє собою гідролізат екстракту печінки великої рогатої худоби, що містить в 1 мл 10 мг ціанокобаламіну. Репаративну дію препарату, очевидно, пов'язано з наявністю в його складі амінокислот, низькомолекулярних метаболітів, і, можливо, фрагментів ростових факторів печінки. Препарат сприяє регенерації паренхіми печінки і має детоксикаційну дію.

Есенціальні фосфоліпіди (ЕФЛ) оказують відновлюючу і регенеруючу дію на структуру і функції клітинних мембран і уповільнюють процеси деструкції клітин. Субстанція ЕФЛ є високоочищеним екстрактом з бобів сої і містить переважно молекули фосфатидилхоліну з високою концентрацією поліненасичених жирних кислот. Головним активним інгредієнтом ЕФЛ є 1,2-ділінолеоїл-фосфатидилхолін, синтез якого людським організмом неможливий. Мембраностабілізуюча і гепатопротекторна дія ЕФЛ досягається шляхом безпосереднього вбудовування молекул ЕФЛ в фосфоліпідну структуру пошкоджених печінкових клітин, заміщення дефектів і відновлення бар'єрної функції ліпідного біошару мембран. Ненасичені жирні кислоти фосфоліпідів сприяють підвищенню активності та плинності мембран, зменшують щільність фосфоліпідних структур, нормалізують проникність. Екзогенні ЕФЛ сприяють активації розташованих в мембрані фосфоліпідзалежних ферментів і транспортних білків, що, в свою чергу, підтримує вплив на обмінні процеси в клітинах печінки та сприяє підвищенню її детоксикаційного і секреторного потенціалу [2].

Також, для захисту печінки застосовуються вітаміни групи В, Е і амінокислоти метіонін, адеметіонін, орнітин [3].

Бурштинова кислота і гліцин прискорюють процес розпаду алкоголю в організмі і переводять токсичні продукти у такі, що не мають токсичного впливу. Бурштинова кислота стимулює енергетичний обмін в тканинах, має імуномодулюючу дію, і, так само, як і гліцин, підвищує опірність організму до стресів. Бурштинова кислота також нейтралізує шкідливий вплив ацетальдегіду, концентрація якого зростає при вживанні алкоголю [4].

Вибір риби в якості джерела гліцину обумовлений тим, що саме з цієї сировини виготовляють безліч снєкової продукції до різних слабоалкогольних напоїв, в т.ч. і до пива. У таблиці 1 наведено аналіз вмісту гліцину у деяких видах промислових риб (таблиця 1).

Таблиця 1 – Вміст гліцину у істівній частині рибної сировині [5]

Назва риби	Вміст, г/100г
Анчоус Європейський	0,98
Горбуша	1,5
Зубатка	0,84
Камбала	0,64
Короп	0,86
Кета	0,97
Кефаль	0,93
Корюшка	0,85
Льодяна	0,81
Лосось	1,06
Масляна	0,83
Минтай	0,93
Окунь морський	0,68
Севрюга	0,83
Скумбрія	0,93
Форель	1,0
Судак	0,92
Гунець	1,12
Щука	1,0

З табл. 1 видно, що вміст гліцину у рибній сировині достатньо високий і знаходиться в межах $1,07 \pm 0,43$ г/100 г продукту, що відповідає $30,9 \pm 12,4$ % від рекомендованої добової норми. Як вже було сказано вище, бурштинова кислота, так само, як і гліцин, підвищує опірність організму до стресів і стимулює енергетичний обмін в тканинах, має імуномодулюючу дію, виражену здатність зв'язувати вільні радикали, пригнічувати процеси перекисного окислення ліпідів біомембран і, у такий спосіб, зменшувати інтенсивність окислювальних процесів в організмі, захищаючи мембрани і вміст клітин від руйнівних впливів. Унікальність дії бурштинової кислоти полягає в тому, що вона ігнорує здорові

клітини і активується лише у тих тканинах і клітинах, які знаходяться у збудженому стані або потерпають патологічних змін.

Як показали дослідження вчених [6], бурштинова кислота безпосередньо впливає на доставку вільного кисню в тканини; покращує роботу ендокринної системи; поліпшує засвоєння поживних речовин. Вираженим фармакологічним ефектом вона володіє вже в мінімальному дозуванні 10 мг/кг маси тіла.

Застосовується бурштинова кислота при лікуванні алкогольної залежності, оскільки активізує процес розпаду алкоголю в крові, завдяки чому похмільний синдром зникає дуже швидко. На думку лікарів-наркологів при використанні даного препарату суттєво покращується стан печінки і склад крові.

Доведена нешкідливість і солей бурштинової кислоти - сукцинатів. Додавання сукцината, активує цикл Кребса відповідно до принципу Ле-Шательє (зміна рівноваги у системі шляхом додавання вихідних речовин) [7].

Природні джерела бурштинової кислоти: агрус, виноград, капуста, буряк, насіння соняшнику, кисломолочні продукт, нажалі не можуть бути інгредієнтами рибних снєків, навіть екструдованих, оскільки це заходить у протиріччя з гармонійними поєднаннями смаку та екструзійними процесами.

Клінічно доведено, що синтетично вироблена бурштинова кислота володіє таким же самим спектром властивостей, що і речовина природного походження. Більшість способів отримання синтетичної бурштинової кислоти засноване на використанні малеїнового ангідриду і малеїнової кислоти, які в свою чергу отримують з нафти. Вченими [8] в лабораторії КубГТУ розроблений спосіб отримання бурштинової кислоти окисленням фурфуролу перексидом водню. Синтезувати бурштинову кислоту для промислового отримання можуть бактерії, цвілеві гриби, дріжджі, наприклад, *Actinobacillus succinogenes*, *E. coli* AFP111, *Saccharomyces cerevisiae* і *Yarrowia lipolytica*.

Тому, щоб не знижувати органолептичної привабливості готової рибної закуски з алкопротекторними властивостями та не спричинити порушення технологічного процесу внесенням речовин, які не піддаються екструзії, було прийнято рішення вносити бурштинову кислоту у вигляді розчину для змочування суміші сухих речовин перед подачею в екструдер.

Опис основного матеріалу досліджень

Сушіння рибного фаршу здійснювалось за допомогою вакуумної сушки. Отриманий порошок вводили у суху суміш зернових крупок та картопляних пластівців, додавали сіль кухарську у кількості 1%, змочували суміш розчином бурштинової кислоти до вологості у сипкій суміші не більше 12% і піддавали екструзії.

За результатами органолептичної оцінки виготовлених дослідних зразків, і оптимізацією

складу готової снекової продукції було визначено співвідношення зазначених інгредієнтів. В результаті була виведена наступна рецептура: рисове борошно до $10 \pm 5\%$, картопляні пластівці до $12 \pm 2\%$, пшениця грубого помелу до $15 \pm 5\%$, сіль 1%, сухий рибний фарш до $7,5 \pm 2,5\%$, кукурудзяне борошно до 100%. Кукурудзяне борошно можна замінити пшеничним грубого помелу.

Традиційні підсилювачі смаку і аромату – глутамат, гуанілат і інозінат натрію – були замінені на повністю натуральні і безпечні екстракти дріжджів. Нанесення смако-ароматичної суміші у вигляді дріжджових екстрактів здійснювалось у V-подібному гомогенізаторі з попереднім розпиленням олії соняшникової рафінованої дезодорованої на екструзійний напівфабрикат.

Особливість виготовлення даної продукції полягає в використаному обладнанні. Для виробництва такого роду екструзійних виробів необхідно використовувати двошнековий екструдер.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку. У даній роботі була представлена технологія інноваційного харчового продукту – з функціональними алкопротекторними властивостями.

Передбачається, що даний продукт розширить асортимент снекових закусок до слабоалкогольних напоїв і стане надійним захистом від шкідливого впливу алкоголю та продуктів його метаболізму в організмі людини.

Метаболізм знешкодження надходить етанолу в організмі відбувається переважно в печінці трьома способами.

Перший шлях починається в цитозолі і полягає в окисленні спирту по Алкогольдегідрогеназна шляху до ацетальдегіду, який переходить в мітохондрії і окислюється до оцтової кислоти. Остання у вигляді ацетил-SKoA надходить в ЦТК (цикл трикарбоних кислоти, або цикл Кребса). Через цей шлях проходить 80-90% усього етанолу.

За окислення 10–20% етанолу відповідає алкогольоксидаза (цитохром P450), також звана мікосомальне етанолокислююча система (МЕОС) При регулярному надходженні етанолу частка мікосомального окислення зростає (до 7 разів), так як етанол є індуктором алкогольоксидази і кількість її молекул збільшується.

Третій спосіб - реакція окислення етанолу каталазой з використанням перекису водню. Протікає реакція в пероксисомах і цитозоле. Значення її невелика, не більше 2%.

При протіканні вищеписаних процесів метаболізма алкоголю присутні також і побічні ефекти знешкодження етанолу. Оскільки при утилізації етанолу утворюється велика кількість НАДН (нікотинамидадениндинуклеотида), то в цитоплазмі гепатоцитів активується 11-а реакція гліколізу (перетворення пірувату в лактат) і відновлення діоксиацетонфосфат в гліцерин-3-фосфат. Це призводить до гіпоглікемії, так як

пірвіноградна кислота і діоксиацетонфосфат є субстратами глюконеогенезу.

Одночасно накопичення «алкогольного» ацетил-SKoA пригнічує піруватдегідрогенази, що ще більше підсилює накопичення лактату. Накопичення молочної кислоти в крові обумовлює лактатацідемію (лактоацидоз). Одночасно через відносну недостатності оксалоацетата, використаного в глюконеогенезі, надлишок «алкогольного» ацетил-SKoA не встигає окислюватися в циклі трикарбоних кислот і перенаправляється на синтез кетоних тіл, що забезпечує виникнення кетоацидозу. Якщо запаси глікогену в печінці спочатку невеликі (при голодуванні, недоїданні, астенічному статури) або витрачені (після фізичної роботи), то при прийомі алкоголю натшесерце гіпоглікемія настає швидше і може бути причиною різкого погіршення самопочуття і втрати свідомості. До цього варто додати сильний діуретичний ефект етанолу (придушення секреції вазопресину), що веде до швидкого зневоднення організму і зниження кровопостачання головного мозку з усіма витікаючими наслідками [9].

Вживання спиртних напоїв - поширена причина гіпоглікемії як у дорослих людей, так і у дітей. Розщеплення етанолу з утворенням ацетальдегіду в печінці каталізується ферментом алкогольдегідрогеназой. Цей фермент працює тільки в присутності особливого кофактора – нікотинаміддинуклеотид (НАД). Але це ж речовина необхідно і для печінкового глюконеогенезу. Прийом алкоголю призводить до швидкої витрати НАД і різкого гальмування глюконеогенезу. Тому алкогольна гіпоглікемія виникає при виснаженні запасів глікогену, коли для підтримки нормального рівня глюкози в крові особливо необхідний глюконеогенез. При прийомі великої кількості алкоголю ввечері, симптоми гіпоглікемії зазвичай виникають на наступний ранок.

Найчастіше алкогольна гіпоглікемія спостерігається у виснажених хворих на алкоголізм, але буває і у здорових людей після прийомів великої кількості алкоголю або при вживанні алкоголю «на голодний шлунок». Алкогольна гіпоглікемія нерідко трапляється у дітей, які помилково або навмисно випивають пиво, вино або більш міцні напої. Особливо чутливі до алкоголю діти до 6 років - алкогольна гіпоглікемія зустрічається після спиртових компресів. Смертність при алкогольній гіпоглікемії у дітей досягає 30%, тоді як у дорослих вона становить приблизно 10%. [10]. Діагноз алкогольній гіпоглікемії ґрунтується на даних анамнезу і виявлення гіпоглікемії в поєднанні з підвищеним рівнем алкоголю і молочної кислоти в крові [11].

В останні роки з'явилися дані ряду клінік, що для утилізації алкоголю, реверсу його токсичної дії на ЦНС з успіхом застосовують препарати Глутаргіна, що є сіллю аргініну і глутамінової кислоти (L-аргініну L-глутамат) [12]

Відомо, що прийом етанолу супроводжується підвищенням концентрації ацетальдегіду, який порушує окислювально-відновні процеси, позбавляючи клітку здатності окислювати цілий ряд енергозабезпечуючих субстратів (ізолімонная, яблучну та інші кислоти). У цих умовах накопичення енергії у формі АТФ відбувається переважно за рахунок окислення бурштинової кислоти. При високій концентрації ацетальдегіду в організмі настає пригнічення сукцинат-залежного дихання, що відповідає наркотичній фазі сп'яніння. Крім того, ацетальдегід, зв'язуючись з білками і нуклеїновими

кислотами, приводить до їх інактивації, викликає також порушення функціонального стану мітохондрій, активує комплемент С3, стимулює фіброгенез [13]. L-Аргініну L-глутамат виступає в якості алкопротектора, сприяючи збільшенню утворення і окислення бурштинової кислоти, що, в свою чергу, забезпечує реалізацію метаболічних процесів детоксикації та окислення ацетальдегіду в оцтову кислоту. Отже, споживання екструдованих рибних снєків для профілактики наслідків негативного впливу алкоголю на організм є хімічно обґрунтованим.

Список литературы

1. Исследование потребления пива в Украине [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.pivnoe-delo.info/issledovanie-potrebleniya-piva-v-ukraine>
2. Оковитый С.В. Клиническая фармакология гепатопротекторов. // Серия Практик. ФармИндекс. 2002. Вып. 3, – с. 23–28.
3. Гепатопротекторы [Электронный ресурс] / Режим доступа: ru.wikipedia.org/wiki/Гепатопротекторы
4. Малецкий М.В., Кондратюк Н.В. Разработка технологии снєковой продукции с алкопротекторным действием // Сборник тезисов XVI всеукраинской конференции молодых учёных и студентов по актуальным вопросам современной химии. Днепр: ДНУ им. О. Гончара. 2018, – с. 52–55.
5. USDA National Nutrient Database for Standard Reference
6. Евглевский А.А., Рыжкова Г.Ф., Евглевская Е.П., Ванина Н.В., Михайлова И.И., Денисова А.В., Ерыженская Н.Ф. Биологическая роль и метаболическая активность янтарной кислоты // Вестник Курской Гос. Сельс.-хоз. Академии. 2013, № 9, – с. 67–69.
7. Чекман И.С., Сырочая А.О., Макаров В.А., Макаров В.В., Лапшин В.В. Янтарь, янтарная кислота, сукцинаты (монография). Х.: ТОВ «Планета-принт». 2017, – 107 с.
8. Мезенцева Е.Г., Сороцкая Л.Н. Биотехнология: новый путь получения «зеленой» янтарной кислоты. // V Международная студенческая научная конференция Студенческий научный форум. 2013, – с. 45–46.
9. Организм приспособлен к обезвреживанию этанола [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://biokhimija.ru/lekcii-po-biokhimii/22-stroenie-obmen-uglevodov/119-jetanol.html>
10. Эндокринология и метаболизм. / Под ред. Фелинга Ф. и соавт. М.: «Медицина». 1985, т. 2, – 416 с.
11. Смирнов В.В., Гаврилова А.Е. Гипогликемический синдром: причины, диагностика [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.lvrach.ru/2010/11/15435078>.
12. Гриб В.А., Купновицька-Сабадош М.Ю., Чмир Г.С. та співавт. Досвід застосування Глутаргіну в комплексному лікуванні інтоксикаційної полінейропатії алкогольного генезу // Зб. робіт н.-пр. конференції «Досягнення та перспективи використання вітчизняного препарату Глутаргін в клініці внутрішніх хвороб». 2005. Харків: – с. 159–163.
13. Бабач Л.Г., Шлыков С.Г., Борисова Л.А. Влияние этанола на внутриклеточный обмен Ca⁺⁺ // Укр. біохім. журн. 2002, № 1, – с. 19–25.

References (transliterated)

1. Issledovaniye potrebleniya piva v Ukraine [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.pivnoe-delo.info/issledovanie-potrebleniya-piva-v-ukraine>
2. Okovityy S.V. Klinicheskaya farmakologiya gepatoprotektorov. Seriya Praktik. FarmIndeks, mart. 2002. Vup 3, – pp. 23–28.
3. Gepatoprotektory [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: ru.wikipedia.org/wiki/Gepatoprotektory
4. Polivanov Ye.A., Maletskiy M.V., Kondratyuk N.V. Razrabotka tekhnologii snekovoy produktsii s alkoprotekturnym deystviem. Sbornik tezisev XVI vseukrainskoy konferentsii molodykh uchonykh i studentov po aktual'nyim voprosam sovremennoy khimii. Dnepr: DNU im. O. Gonchara. 2018, – pp.52–55.
5. USDA National Nutrient Database for Standard Reference
6. Yevglevskiy A.A., Ryzhkova G.F., Yevglevskaya Ye.P., Vanina N.V., Mikhaylova I.I., Denisova A.V., Yeryzhenskaya N.F. Biologicheskaya rol' i metabolicheskaya aktivnost' yantarnoy kisloty. Vestnik Kurskoy Gos. Sel'hoz Akademii. 2013, no. 9, – pp. 67–69.
7. Chekman I.S., Syrovaya A.O., Makarov V.A., Makarov V.V., Lapshin V.V. Yantar', yantarnaya kislota, suksinaty (monografiya). KH.: TOV «Planeta-print». 2017, – 107 p.
8. Mezentseva Ye.G., Sorotskaya L.N. Biotekhnologiya: novyy put' polucheniya «zelenoy» yantarnoy kisloty. // V Mezhdunarodnaya studencheskaya nauchnaya konferentsiya Studencheskiy nauchnyy forum. 2013, – pp. 45–46.
9. Organizm presposoblen k obezvrezhivaniyu etanola [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://biokhimija.ru/lekcii-po-biokhimii/22-stroenie-obmen-uglevodov/119-jetanol.html>
10. Endokrinologiya i metabolizm. V 2 tomakh. Pod red. Felinga F. i soavt. Perevod s angliyskogo: Kandrora V.I., Starkovoy N.T. M.: «Meditcina». 1985, t. 2, – 416 p.
11. Smirnov V.V., Gavrilova A.E. Gipoglikemichesky sindrom: prichiny, diagnostika [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.lvrach.ru/2010/11/15435078>.
12. Grib V.A., Kupnovits'ka-Sabadosh M.YU., Chmir G.S. ta spivavt. Dosvid zastosuвання Glutarginu v kompleksnomu likuvanni intoksikatsiynoi polineyropatii alkogol'nogo genezu // Zb. robіt nauk.-prakt. konferentsii «Dosyagnennya ta perspektivi vikoristannya vitchiznyanogo preparatu Glutargin v klinitsi vnutrishnikh khvorob». 2005. Kharkiv: – pp. 159–163.
13. Babach L.G., Shlykov S.G., Borisova L.A. Vliyanie etanola na vnutrikletochnyy obmen Ca⁺⁺ // I. 2002, no 1, – pp. 19–25.

Надійшло (received) 12.11.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Малецький Максим Володимирович (Малецький Максим Владимирович, Maletsky Maksim) – студент третього курсу кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, e-mail: maxsnake666@ua.fm

Поливанов Егор Андрійович (Поливанов Егор Андреевич, Polyvanov Egor) – студент третього курсу кафедри харчових технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, e-mail: mr.egor.pv@gmail.com

UDC 37.018.43:347.77(485)

doi: 10.20998/2220-4784.2018.40.14

I. V. ROZHENKO, O. O. AHEICHEVA, Z. V. DERKUNSKA, N. G. PSHYCHKINA**EUROPEAN DISTANCE LEARNING EXPERIENCE AT HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN UKRAINE**

The problem of European distance learning experience implementation at higher educational institutions of Ukraine is considered. The relevance of the article due to the need of implementation of distance learning and use of the opportunities offered by on-line learning. Existing practices and methods of ensuring the quality of distance learning, which create the necessary foundation for scientific achievements are systematized and analyzed in the article. The study of conceptual ideas of distance education in the European Higher Education Area, the definition of further perspectives for the development of domestic practices in the implementation of information and communication technologies in the distance education is investigated. The comparative analysis is based on sources of information collected and analyzed using European countries standards for monitoring colleges and universities.

Keywords: distance education, on-line learning, ICT**I. В. РОЖЕНКО, О. О. АГЕЙЧЕВА, Ж. В. ДЕРКУНСЬКА, Н. Г. ПШИЧКИНА
ВПРОВАДЖЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ДОСВІДУ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ
У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ УКРАЇНИ**

В роботі розглядається проблема реалізації європейського досвіду дистанційного навчання у вищих навчальних закладах України. Актуальність роботи зумовлена необхідністю впровадження дистанційного навчання та використанням можливостей, які дає електронне навчання. У статті систематизовано та проаналізовано існуючу практику та методи забезпечення якості дистанційного навчання, які створюють необхідну основу для наукових досягнень. Досліджено концептуальні ідеї дистанційної освіти в Європейському регіоні вищої освіти, визначено подальші перспективи розвитку вітчизняної практики у впровадженні інформаційно-комунікаційних технологій у дистанційній освіті.

Ключові слова: дистанційна освіта, електронне навчання, інформаційно-комунікативні технології навчання ІКТ**И. В. РОЖЕНКО, А. А. АГЕЙЧЕВА, Ж. В. ДЕРКУНСКАЯ, Н. Г. ПШИЧКИНА
ВНЕДРЕНИЕ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ОПЫТА ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШИХ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ УКРАИНЫ**

В работе рассмотрена проблема реализации европейского опыта дистанционного обучения в Высших учебных заведениях Украины. Актуальность этой работы обусловлена необходимостью внедрения дистанционного обучения и использованием возможностей, которые предоставляет электронное обучение. В статье систематизированы и проанализированы существующие методы и методы обеспечения качества дистанционного обучения, которые создают необходимую основу для научных достижений. Исследуется изучение концептуальных идей дистанционного обучения в Европейском пространстве высшего образования, определение дальнейших перспектив развития отечественной практики в области внедрения информационно-коммуникационных технологий в дистанционном обучении.

Ключевые слова: дистанционное образование, электронное обучение, информационно-коммуникативные технологии ИКТ**Introduction.**

European experience in distance education is becoming increasingly relevant to higher education institutions in Ukraine. The distinction of distance learning between Ukraine and European countries is that distance learning of Ukraine takes place at the stage of formation. The process of developing distance learning in Ukraine is constrained by a number of reasons:

- Insufficient legal and normative provision of the distance learning process;
- Limited composition of participants in the experiment on the introduction of distance learning system;
- Lack of unified approaches when creating electronic teaching and learning complexes;
- Lack of development electronic teaching and learning complexes in foreign languages;
- Absence of special programs for distance learning of socially vulnerable groups of people and persons with disabilities;

- Insufficient financing of the distance learning system of Ukraine at the expense of budget funds;

- Problems in organization distance learning in the magistracy.

Statement of the problem in general and its connection with important scientific or practical tasks.

European countries significantly outstrip Ukraine in the implementation of information and communication technologies, so the study is necessary and relevant. The comparative analysis is based on sources of information collected and analyzed using Swedish standards for monitoring colleges and universities.

Problem research. The main principles of constructing distance learning in an educational institution are the unified methodological basis, the decentralization of the creation and management of distance education, the most favored mode, the complexity, accessibility, modularity.

© Rozenko I.V., Aheicheva A.O., Derkunska Z.V., Pshychkina N.G., 2018

Distance learning is also based on some important principles: the principle of interactivity [1–4], the principle of starting knowledge [5–8], the principle of individualization [11], the principle of identification [9, 10, 12, 13], the principle of regulatory training, the principle of pedagogical feasibility using new information technologies. Distance learning has many advantages both social and economic. As in the case of corporate learning, economics is a major driving force, since it easily determines economies and economic justification. Distant education also has many benefits to society, although they are more difficult to quantify. Despite the huge number of educational institutions in the world, the demand for the educational services market is still higher than the supply. Distance education creates equal opportunities for those who wish to study, improve their qualifications, undergo retraining and find work. This system enables to get higher education in parallel with the basic human activities, expands the ability to study abroad, obtaining degrees recognized by the international educational community.

Distant education provides a wider perspective in choosing a higher education. The basis of the educational process in distance learning is focused and controlled intensive independent work of the student, who learns on an individual schedule in a convenient for him tempo.

Of course, the level of education and access to education through communication technology varies depending on the economic development of a single country. Systematization and analysis of existing workshops and methods for ensuring the quality of distance learning provide the necessary basis for scientific advancements.

Statement of the problem in general and its connection with important scientific or practical tasks.

The study of current IP policy in research universities in relation to online distance learning materials is a very important aspect of the research. The dissemination of distance learning convinces teachers,

administrators and institutions that institutional policies must protect and maintain an environment that encourages creativity, productivity, and academic freedom. It provides the foundation for analyzing, criticizing and further developing consistent copyright and intellectual property rights associated with distance learning materials. Investigation of the security of information resources of this study represents a great scientific and applied interest. In the implementation of the distance learning system, there are problems with the protection of the intellectual property of the training courses, control of student knowledge, and confirmation of the authority of the remote client.

With the development of information technology, more and more attention is paid to research in the field of distance learning [14–16]. The above problems are caused by large losses from the leakage of information provided by the authors of the training courses, the loss of credibility in the control and accounting positions, as well as the ability to substitute the results of distance learning by students. The security of information in the system of distance learning affects many aspects of functioning, often being the main factor in its existence and development. To successfully solve the above problems, it is necessary to determine the necessary and sufficient level of protection of information resources. As the criteria for the necessity and security measure adequacy, criticism, value of information resources of the distance education system, and, accordingly, actual tasks are the development of methods for assessing the value, criticality and security of information resources of the distance learning system.

An important factor in the development of intellectual property in the system of distance education is to determine the levels of legal protection for them. For example, the levels of legal protection (Table 1) the objects of intellectual (industrial, technical and technological) property can be defined as: individual private, production service, state and transnational.

Table 1 Intellectual property objects legal protection levels

Individual private	Production service	State	Transnational
Own publications	Production standards	License	Foreign patent
Models	Specifications of the enterprise	State patents	Conventions
Certificates of activity type	Technical documentation	Laws	Transnational Contracts
Certificates of quality	Corporate publications	Standard Acts	Others
Work of authorship	Agreement, contract	Contracts	
Others	State standards	Certificates of quality	

It should be noted the following possibilities of classification and identification of intellectual property for students' competence innovative innovations at higher educational institutions:

1) The basis of copyright is the concept to determine the original result of creative activity, available in some form of objective;

2) Compatible rights are a group of exclusive rights, formed on the basis of a model of copyright for types of activities that are not sufficiently creative to disseminate their results to copyright;

3) Patent law is the order of inventions, utility models, industrial designs and breeding achievements protection through the issuance of patents;

4) The rights to individualization mean a group of objects of intellectual property, the rights which unite into one legal institution the protection of marketing indications: trademarks, trade names, the name of the place and origin of goods;

5) The right to production secrets (know-how) is information of any nature, for example, original technology or technical solutions, knowledge, skills and

others that are protected by the regime of commercial secrets and may be the subject of sale or used to achieve a competitive advantages over other subjects of entrepreneurial activity;

6) Protection of new varieties is a system of legal norms governing the copyright for new varieties of plants brought out by breeders.

Researchers argue that the transfer of copyrighted material is illegal, even if there was no personal benefit to the seller [17].

Studying current policies in the field of intellectual property at universities in relation to online materials is a very important aspect of the study. The dissemination of distance learning convinces teachers, administrators and institutions that institutional policies must protect and maintain an environment that encourages creativity, productivity, and academic freedom. It provides the foundation for analyzing, criticizing and further developing consistent copyright and intellectual property rights associated with distance learning materials.

Main research material statement.

The number of online courses is increasing in higher education institutions. The increasing use of online courses raises issues of ownership of course materials and increases the tension between teachers and universities regarding the rights and responsibilities associated with online courses. Electronic means are protected from piracy, but this does not apply to information that is posted on the Internet. After all, this information, especially concerning science, education, refers to intellectual property. At present, the vast majority of distance learning courses are closed, only demo versions are shown, for which it is sometimes impossible to judge their quality. Open courses, articles, and books are explicitly used without any references. There is no quick solution to this problem, but it is necessary to solve it, because the distribution of educational and educational information in the world's network space, the quality of the educational products being created and used is directly dependent on it. These problems are mainly related to the pedagogical side of distance learning. Of course, there are other issues related, for example, with the need for a systematic upgrade of the hardware park, software, respectively, consistently improving the level of proficiency in the user's personal computer teachers. A typical justification for such an approach, the use of intellectual property means that teachers are not authors of works created with the resources of the university.

With the introduction of distance learning through digital delivery facilities such as training, e-mail and other Internet technologies, intellectual property rights violations have spread. As soon as copyrighted material is recorded in a material format such as a manuscript or electronic file, it automatically becomes protected. Nevertheless, registration with the Copyright Registration Office provides additional protection in case of violation and is often in the interests of the author, if the violation becomes a problem. Copyrighted works may be reproduced, adapted for the creation of derivative

works, distributed and executed by other authors. The latter may also transfer rights to others. If copyrighted material is reproduced without the consent of the owner, the offender may be held responsible for copyright infringement. Such an example of copyright infringement is the use of software and multimedia materials. Materials such as ideas, facts, and discoveries are not covered by copyright, since they are not recorded in material form. If there is no written agreement granting the right of ownership to a teacher, then upon dismissal, the property rights may remain with the employer. Under the terms of employment, the right of ownership moves from the original owner to the employer, which in turn changes the term of the copyright from 50 years in the case of individual ownership for 75 years with the organizational rights of ownership. This corresponds to a change in defense that the university's policy defines them as traditional scholarly work [18].

Intellectual property issues relating to software and other electronic materials are more complex with the increasing number of online courses and programs at the universities and the increasing use of technology faculty to administer their courses. It should be borne in mind that in the past, traditional scholarly work was not the main source of income for the university. The emergence and development of digital formats, such as courses and programs, may affect the right of universities to define traditional scholarly work by future policy of educational institutions [19].

As part of distance learning, some institutions and teachers solve the problem of authorship of digital personal materials. One problem is that the materials advanced digital course content often use a significant amount of organizational resources such as design, location on the server management and maintenance, specialized software and other costs associated with infrastructure. Teachers spend a lot of time and effort and want to be recognized accordingly to help finance and develop their future research and publications.

One element that complicates the process is that materials developed by instructors with institutional resources can be easily transmitted through the media and quickly disseminated among large audiences.

Undoubtedly, online learning will in no way be a substitute for traditional teaching. It is unable to create a student atmosphere and to replace communication with a living teacher. With the help of distance education, residents of small cities have the opportunity to pass and successfully complete the courses of metropolitan universities and academies. With the help of distance learning, it is possible to strike a balance between the public demand for education and its offer. All educational institutions that use information and communication technologies are in fact out of the legal field. It should be noted that today for the development of the system of distance education practically there is no regulatory and legal basis.

In higher educational institutions and other organizations, electronic textbooks and libraries of them, information and educational environments are gradually

being created, but there are no legal bases for the use of these materials placed on the network. For the effective work of educational institutions using remote learning technologies, coordination of their activities is necessary, as well as the creation of a relevant regulatory framework and the provision of distance learning for official status.

The regulatory framework of distance education should be formed in the form of a package of national acts on the organization of legal regulation of relations between objects and subjects in the field of distance education, taking into account the uniform requirements defined by the Ministry of Education and Science.

The following principles should be based: accounting of constitutional norms, openness and availability of information, protection of intellectual property rights, information security, coherence of norms with acts of other branches of legislation, as well as with international law. If the distance education system has a regulatory framework, it will become one of the official forms of education. It is determined that technical means should provide a program of students' work on the content of the educational material (program of its learning process), a combination of training and education functions, strengthening the control and self-control of the process and its results of the process of learning knowledge, assistance in implementing the ideas of differential and problem learning. However, it should be noted that today, speaking about distance education and solving the problems of its introduction into practice, leading Swedish scientists pay much attention to the main aspects of information exchange as a basis of advanced education, oriented to the existence of a person in the information society [20].

Educational process in distance learning is focused and controlled intensive independent work of the student, who learns on an individual schedule in a convenient for him tempo. Intellectual property is a term that encompasses many different forms of creative work. It includes the primary fields of copyright, patent, and trademark law, as well as incorporating trade secrets, unfair competition, and other subspecialties of the law. Generally, intellectual property covers the principle

rights governing the ownership and disposition of an individual's creativity.

Conclusions and prospects for further research into the problem. The priority of the development of education is the introduction of modern information and communication technologies, which provide improvement of the educational process, accessibility and efficiency of education, preparation of the young generation for life in the information society.

Possibility of distance learning is the ability to most adequately and flexibly respond to the educational needs of society and ensure the implementation of the constitutional right to education of every citizen of the country. That is why the concept seeks to complete distance learning. Prospects for further study may be related to study characteristics of distance education, comparing domestic and foreign distance learning technologies, development of new forms and methods of distance education. At this stage of development distance education is heavily in the education sector, due to the many benefits of this educational system. Moreover, some experts believe such education is the most effective form of training persons, regardless of their age. Based on modern media learning tools in conjunction with the information and communication technologies and modern methodological support allow to master the training activities, creating the conditions for independent mastering academic subjects. Distance learning is characterized by high professionalism, desire for cooperation, and self-development, which is essentially the result of the use of computer-based training and modern means of communication.

Overall, the hardware must provide a program for students over the content of the training material (program process of its assimilation), combining the functions of training and education, enhance the ability to control and self-control over the process and the results of the process of learning, to assist in the implementation of the ideas of differential and problem-based learning. Also characteristic of the education is the presence of a significant number of publicly funded further education, courses retraining, adult schools and educational groups.

Список литературы

1. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, O. Komarova. Distance learning main trends. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16–18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола С.І. Х.: НТУ «ХПІ». 205 с.
2. S. Bukhhalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko. Distance learning investigation some aspects. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16–18 травня 2018р. Ч. II / за ред. проф. Сокола С.І. Х.: НТУ «ХПІ». 206 с.
3. Агейчева А.О., Комарова О.І., Бухкало С.І. Деякі проблеми науково-технічного перекладу для інноваційних проєктів студентів. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17–19 мая 2017. Х.: НТУ «ХПІ». Ч. III, с. 16.
4. Агейчева А.О., Бухкало С.І. Деякі особливості розвитку дистанційної освіти Швеції. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. Вип. 55. С. 162–168.
5. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2014. № 16. С. 3–11.
6. Бухкало С.І., Білоус О.В., Демідов І.М. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №1/6(73), (2015), с. 22–26. Харків : «Технологический центр».
7. L. Tovazhnyansky, V. Meshalkin, P. Kapustenko, S. Bukhhalo. Energy efficiency of complex technologies of phosphogypsum conversion. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. Vol. 47, № 3, (2013), pp. 225–230.
8. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, Vol. 70, (2018), pp. 2047–2052.
9. Бухкало С.І. Деякі моделі процесів хімічного сплінування вторинного поліетилену // Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2017. № 18 (1240). С. 35–45.

10. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-модифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2018. № 18 (1294). С. 36–44.
11. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості (прикладні та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2 [ТЕКСТ], підручник з грифом МОНУ. – Київ: Центр учбової літератури, 2018, 108 с.
12. Бухкало С.І., Іглін С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів. *Інтегровані технології та енергозбереження*. Х.: НТУ «ХПІ», 2016. № 3. С. 52–57.
13. Бухкало С.І. Математическое моделирование процессов ресурсо- и энергосбережения для полиэтиленовых отходов / Бухкало С.И., Кукленко Д.В., Борхович А.А. и др. // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – Х.: НТУ «ХПІ». 2010. – № 32, – с. 117–122.
14. Swedish Agency for Networks and Cooperation in Higher Education [Електронний ресурс] // Frequently asked questions – FAQ. Retrieved June 7, 2008. – Режим доступу : <http://english.netuniversity.se/page/4888/faq.htm>
15. Swedish National Agency for Higher Education [Ел. ресурс] Kartläggning av distansverksamheten vid universitet och högskolor. årsrapportering av ett regeringsuppdrag, 2010. – Режим доступу : www.hsv.se.
16. Tait, A. What are open universities for? In *Open Learning / A. Tait // The Journal of Open and Distance Learning*. 2008. – №. 23 (2), pp. 85–93.
17. The Bologna Process Website [Ел. ресурс]. – Retrieved on June 8, 2012. – Режим доступу : http://ec.europa.eu/education/policies/educ/bologna/bologna_en.html
18. Swedish patent and registration office [Електронний ресурс]-режим доступу: prv.se/programs and distance courses.
19. Rovai, A.P. Why some distance education programs fail while others succeed in a global environment / A. P. Rovai, J. R. Downey // *Internet and Higher Education*. 2010. – №. 13, pp. 141–147.
20. Rennie, F. Re-Thinking Sustainable Education Systems in Iceland: The Net-University Project / F. Rennie, S. Jóhannesdóttir, S. Kristinsdóttir // *International Review of Research in Open and Distance Learning*. 2011. – №. 12 (4), pp. 88–104.
- 5 Buhkalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishih navchal'nih zakladiv. *Visnik NTU «KhPI»*. 2014. Kharkiv : NTU «KhPI». № 16, pp. 3–11.
- 6 S. Buhkalo, O. Bilous, I. Demidov. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listja gorihu volos'kogo ta kalenduli. *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij*. No.1/6(73). 2015, pp. 22–26. Kharkiv : Tehnologicheskij centr.
- 7 L. Tovazhnyansky, V. Meshalkin, P. Kapustenko, S. Buhkalo. Energy efficiency of complex technologies of phosphogypsum conversion. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2013, Vol. 47, No. 3, pp. 225–230.
- 8 S. Buhkalo, J. Klemeš, L. Tovazhnyansky, O. Arsenyeva, P. Kapustenko, O. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 2018, Vol.70, pp. 2047–2052.
- 9 S. Buhkalo. Dejaki modeli procesiv himichnogo spinjuvannja vtorinnogo polietilenu // *Visnik NTU «KhPI»*. Kharkiv : NTU «KhPI». 2017, No. 18 (1240), pp. 35–45.
- 10 S. Buhkalo. Sinergetichni modeli dlja ekologichnobezpechnih procesiv identyfikacii-modifikacii vtorinnih polimeriv // *Visnik NTU «KhPI»*. Kharkiv : NTU «KhPI». 2018, No. 18 (1294). pp. 36–44.
- 11 S. Buhkalo. *Zagal'na tehnologija harchovoi promislovosti: testovi zavdannja (priklyadi ta testi)*. 2-ge vid. dop.: ch. 2 [tekst], pidruchnik z grifom, Kiiv: Centr uchbovoi literaturi, 2018. 108 p.
- 12 S. Buhkalo, S. Iglin. Dejaki modeli doslidzhennja struktorno-himichnih zmin pri ekspluatcii polimernih virobiv. *Integrovani tehnologii ta energozberezhennja*. Kharkiv : NTU «KhPI», 2016. No. 3, pp. 52–57.
- 13 S. Buhkalo. Matematicheskoe modelirovanie processov resurso- i jenergosberezenija dlja polijetilenovyh othodov / S. Buhkalo, D. Kuklenko, A. Borhovich // *Visnik NTU «KhPI»*. Kharkiv : NTU «KhPI». 2010. – No. 32. pp. 117–122.
14. Swedish Agency for Networks and Cooperation in Higher Education [Електронний ресурс] // Frequently asked questions – FAQ. Retrieved June 7, 2008. – Режим доступу : <http://english.netuniversity.se/page/4888/faq.htm>
15. Swedish National Agency for Higher Education [Електронний ресурс] Kartläggning av distansverksamheten vid universitet och högskolor. årsrapportering av ett regeringsuppdrag, 2010. – Режим доступу : www.hsv.se.
16. Tait, A. What are open universities for? In *Open Learning / A. Tait // The Journal of Open and Distance Learning*. 2008. – No. 23 (2). – P. 85–93.
17. The Bologna Process Website [Ел. ресурс]. – Retrieved on June 8, 2012. – Режим доступу : http://ec.europa.eu/education/policies/educ/bologna/bologna_en.html
18. Swedish patent and registration office [Електронний ресурс]-режим доступу: prv.se/programs and distance courses.
19. Rovai, A. P. Why some distance education programs fail while others succeed in a global environment / A. P. Rovai, J. R. Downey // *Internet and Higher Education*. 2010. – No. 13, pp. 141–147.
20. Rennie, F. Re-Thinking Sustainable Education Systems in Iceland: The Net-University Project / F. Rennie, S. Jóhannesdóttir, S. Kristinsdóttir // *International Review of Research in Open and Distance Learning*. 2011. – No. 12 (4), pp. 88–104.

Bibliography (transliterated)

1. S. Buhkalo, A. Ageicheva, O. Komarova Distance learning main trends. *Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018*, 16–18 travnja 2018. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.І. Kharkiv : NTU «KhPI», p.205.
2. S. Buhkalo, A. Ageicheva, I. Rozhenko Distance learning investigation some aspects". *Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018*, 16–18 travnja 2018. Ch. II / za red. prof. Sokola Є.І. Kharkiv : NTU «KhPI», p.206.
3. A. Ageicheva, O. Komarova, S. Buhkalo. Dejaki problemi naukovo-tehnichnogo perekladu dlja innovacijnih proektiv studentiv. *XHV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017)* 17-19 maja 2017. Kharkiv : NTU «KhPI». Ch. III, p. 16.
4. A. Ageicheva, S. Buhkalo. Dejaki osoblivosti rozvitku distancijnoi osviti Shvecii. *Visnik NTU «KhPI»*. 2013. Kharkiv : NTU «KhPI». Vip. 55, pp. 162–168.

Поступила (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Роженко Інесса Віталіївна (Роженко Інесса Витальевна, Rozhenko Inessa Vitalievna) – старший викладач кафедри іноземних мов з латинською мовою та медичною термінологією Українська медична стоматологічна академія. м. Полтава, Україна; e-mail: euacademy@ukr.net

Агейчева Олександра Олександрівна (Агейчева Александра Александровна, Ageicheva Oleksandra Oleksandrivna) – голова циклової комісії бурових дисциплін, Полтавський коледж нафти і газу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, м. Полтава, Україна; e-mail a.ageycheva@i.ua

Деркунська Жанна Вікторівна (Деркунская Жанна Викторовна, Derkunska Zhanna Viktorivna) – викладач спеціальних дисциплін Полтавський коледж нафти і газу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, м. Полтава, Україна e-mail derkunska@ukr.net

Пищичкіна Наталія Гергієвна (Пищичкина Наталия Георгиевна, Pshychkina Natalia Georgievna) – викладач спеціальних дисциплін Полтавський коледж нафти і газу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, м. Полтава, Україна; e-mail pshychkina@ukr.net

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, П. О. КАПУСТЕНКО, В. Є. ВЕДЬ, С. І. БУХКАЛО, О. П. АРСЕНЬЄВА

ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ХІМІЧНОЇ І ХАРЧОВОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

У статті наведено інформацію про XVIII міжнародну науково-практичну конференцію Інтегровані технології та енергозбереження «ІТЕ-2018», Україна, в листопаді 2018 року, яка проведена за ініціативою представників Європейської федерації хімічної інженерії (EFCE) і Української асоціації хімічної та харчової інженерії (CFE-UA) та присвячена 85 річниці з дня утворення кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів (ІТПА) НТУ «ХП». Надана унікальна можливість для компаній, організацій, викладачів, науковців, членів EFCE та CFE-UA внести свій вклад в розвиток і рішення сучасних і прогресивних наукових та технічних питань, пов'язаних з хімічною та харчовою технологіями, а також хімічним машинобудуванням, з метою вирішення глобальних завдань сьогодення. Представлено матеріали інноваційних розробок кафедри (ІТПА) НТУ «ХП» у вигляді унікального пакету інтерактивного математичного забезпечення, який дозволяє проектувати технологічні схеми складних теплообмінних систем зі споживанням енергії, що близька до термодинамічно-обґрунтованого мінімуму.

Ключові слова: Європейська федерація хімічної інженерії EFCE, Українська асоціація хімічної і харчової інженерії CFE –UA, науково-обґрунтовані інноваційні рішення глобальних задач.

Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П. А. КАПУСТЕНКО, В. Е. ВЕДЬ, С. И. БУХКАЛО, О. П. АРСЕНЬЕВА
ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ

В статье приведена информация о XVIII международной научно-практической конференции Интегрированные технологии и энергосбережение «ИТЭ-2018», Украина, в ноябре 2018, которая проведена по инициативе представителей Европейской федерации химической инженерии (EFCE) и Украинской ассоциации химической и пищевой инженерии (CFE-UA) и посвящена 85 годовщине со дня образования кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов (ИТПА) НТУ «ХПИ». Предоставлена уникальная возможность для компаний, организаций, преподавателей, научных сотрудников, членов EFCE и CFE-UA внести свой вклад в развитие и решение современных и прогрессивных научных и технических вопросов, связанных с химической и пищевой технологии, а также химическим машиностроением, с целью решения глобальных задач современности. Представлены материалы инновационных разработок кафедры (ИТПА) НТУ «ХПИ» в виде уникального пакета интерактивного математического обеспечения, который позволяет проектировать технологические схемы сложных теплообменных систем с потреблением энергии, близкой к термодинамически обоснованному минимуму.

Ключевые слова: Европейская федерация химической инженерии EFCE, Украинская ассоциация химической и пищевой инженерии CFE-UA, современные научно-обоснованные инновационные решения глобальных задач.

L. L. TOVAZHNYANSKYI, P. O. KAPUSTENKO, V. E. VED, S. I. BUKHKALO, O. P. ARSENYEVA
INNOVATIVE DIRECTIONS OF CHEMICAL AND FOOD ENGINEERING DEVELOPMENT

The materials are presented to inform about the XVIII International Scientific and Practical Conference Integrated Technologies and Energy Saving "ITE-2018", Ukraine, in November 2018, which was initiated by representatives of the European Federation of Chemical Engineering (EFCE) and the Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering (CFE-UA) and is dedicated to the 85th anniversary of the establishment of the department of integrated technologies, processes and devices (ITPA) NTU «KhPI». A unique opportunity is provided for companies, organizations, teachers, researchers, members of EFCE and CFE-UA to contribute to the development and solution of modern and progressive scientific and technical issues related to chemical and food technology, as well as chemical engineering, in order to solve global tasks of modernity. The materials of the innovative developments of the department (ITPA) NTU «KhPI» are presented in the form of a unique interactive software package that allows you to design flow diagrams of complex heat exchange systems with energy consumption close to the thermodynamically reasonable minimum. The use of the developed methods also makes it possible to estimate the energy-saving potential and the potential to reduce harmful emissions not only from enterprises, but also from large industrial complexes.

Keywords: the European Federation of Chemical Engineering EFCE, the Ukrainian Association of Chemical and Food Engineering CFE-UA, progress science-based innovative solutions to global challenges.

Вступ. В Україні у м. Харків 26–28 листопада 2018 року проведена XVIII міжнародна науково-практична конференція Інтегровані технології та енергозбереження «ІТЕ-2018» на базі НТУ «ХП» (кафедра Інтегрованих технологій, процесів та апаратів), засновники конференції Національний технічний університет «ХП»; Українська асоціація хімічної і харчової інженерії (CFE-UA); Sustainable Process Integration Laboratory (SPIL) NETME Centre; Faculty of Mechanical Engineering Brno University of Technology – VUT Brno, Czech Republik; АТ «Співдружність – Т». Українська асоціація хімічної і харчової інженерії являється структурно складовою частиною Європейської федерації хімічної інженерії (EFCE). Українська асоціація хімічної і харчової інженерії сприяє співробітництву з EFCE між некомерційними професійними науково-технічними товариствами для загального розвитку хімічної та

харчової промисловості і як засіб сприяння розвитку хімічної та харчової технології, що планується у наступних заходах для членів асоціації: 1) укріпити представництво України в робочих групах EFCE делегатами від асоціації за означеними напрямками; 2) клопотанні керівництва Української асоціації хімічної і харчової інженерії до EFCE щодо безкоштовної публікації наукових розробок членів асоціації у провідних європейських журналах; 3) утворення сприятливих умов для участі молодих вчених у Європейських конференціях за рахунок, наприклад, зниження суми організаційних внесків; 4) сприяння підвищенню професійного та етичного рівня своїх членів шляхом надання їм безкоштовної

© Товажнянський Л.Л., Капустенко П.О.,

Ведь В.Є., Бухкало С.І., Арсеньєва О.П., 2018.

методологічної і консультаційної допомоги, організація і проведення лекцій, семінарів та інших заходів; 5) надання майданчиків і площ для проведення занять, тренувальних заходів і оздоровчих практик; 6) розробка пропозицій до державних програм, законодавчих актів, спрямованих на розвиток і удосконалення громадського суспільства в Україні, Євросоюзу та інших країн, сприяння втіленню їх у життя, і т.і.

Основною метою діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» є вирішення питань розвитку хімічної та харчової промисловості та співпраці з Європейською Федерацією Хімічної Інженерії, участь та організація Українських та Міжнародних наукових конференцій, семінарів, симпозіумів, обмін науковими досягненнями, організація виставок, екскурсійних відвідувань наукових цінностей членів Організації. Відповідними напрямками діяльності Організації є: вирішення питань з розвитку хімічної та харчової промисловості; вирішення питань співпраці з Європейською Федерацією Хімічної Інженерії; 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; здійснення інших видів діяльності, пов'язаних з досягненням статутних цілей, які не заборонені чинним законодавством. розповсюдження інформації про діяльність Організації та ін.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. 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 [1–21]. Необхідним також є формування позиції суспільства й держави по зниженню техногенного навантаження на навколишнє середовище.

До розгляду на XVIII міжнародну науково-практичну конференцію Інтегровані технології та енергозбереження «ІТЕ-2018» були запропоновані пленарні доповіді з ключових питань інноваційного розвитку хімічної та харчової технології:

- 1) проф. Клемеш Й.Я., Варбанов П.С., Арсеньєва О.П. Енергетична ефективність. Інтеграція процесів та охорона навколишнього середовища;
- 2) проф. Товажнянський Л.Л. Математичне моделювання та експериментальні дослідження каталітичних процесів в інженерії виробництва аміаку;

3) проф. Нікольський В.Є., Олейник О.Ю., Лободенко А.В. Енергоефективні уніфіковані теплові апарати для енерготехнологічних виробництв;

4) доц. Бендюг В.І., Комариста Б. М. Життєвий цикл продукту та оцінювання енергетичних витрат;

5) проф. Капустенко П.О. Українська Асоціація Хімічної та Харчової Інженерії та участь в роботі Європейської Федерації Хімічної Інженерії;

6) проф. Атаманюк В.М., Симак Д.М., Склабінський В.І., Атаманюк В.М. Гідродинаміка і тепло-масоперенесення в системі тверде тіло-газ.

7) проф. Гумницький Я.М., Сабадаш В.В. Термодинаміка, статика і кінетика адсорбції на природних сорбентах.

8) проф. Сахненко М.Д., Поспелов О.П., Камарчук Г.В., Гудименко В.О., Ведь М.В., Єрмоленко І.Ю., Сачанова Ю.І. Тернарний сплав Co–M–W як чутливий матеріал наноструктурного газового сенсора;

9) проф. Арсеньєва О.П. Сучасні конструкції теплообмінних апаратів з листового металу. Програма фонду Олександра фон Гумбольдта, Німеччина.

10) проф. Товажнянський Л.Л., Капустенко П.О., Перевертайленко О.Ю., Бухкало С.І., Арсеньєва О.П. Аналіз теплообмінних систем абсорбційних установок очистки синтез-газу газифікаційних агрегатів великої одиничної продуктивності

Згідно з науковими напрямками розвитку кафедри ІТПА НТУ «ХПІ» працювали секції відповідно з програмою XVIII міжнародної науково-практичної конференції Інтегровані технології та енергозбереження «ІТЕ-2018»: секція 1 – Енергетика теплотехнології та енергозбереження; секція 2 – Інтегровані технології промисловості.

У ході дискусії обговорені також важливі питання пов'язані з інноваційним розвитком харчової та хімічної інженерії:

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

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

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

4) Теоретичні та прикладні аспекти сталого розвитку та ін.

Так, наприклад, у запропонованому матеріалі пленарного доповіді проф. Клемеш Й.Я. представлений огляд основних висновків отриманих останнім часом [1–3] за результатами досліджень в різних областях, включаючи: більш ефективне використання енергії; застосування більш чистого і біологічного палива; впровадження екологічно чистих виробництв; уловлювання двооксиду вуглецю;

оптимізація і раціональне використання води і відходів; мінімізація шкідливих викидів в промислових технологічних процесах; самозабезпечення регіонів і інтеграція промислових підприємств для оптимального використання енергії відпрацьованого тепла і відходів виробництва. В якості прикладу розгляду складної системи наводиться тематичне дослідження із застосуванням удосконаленої методології Інтеграції процесів. Дана методологія з'явилася з розвитком основного методу інтеграції теплових процесів, що дозволяє мінімізувати споживання теплової енергії, і отримала розвиток в наступних методах: аналіз виробничого комплексу, локально інтегрованих енергетичних систем і проектування самодостатніх регіонів. Щоб розглянути таке складне завдання як задача інтеграції води, водню і енергії, а також їх комбінацій, разом з викидами парникових газів, інтеграцією з поновлюваними джерелами енергії, біопаливом, мереж подачі і скидів стічних вод, інвестицій, інвестицій в нерухомість і матеріальні ресурси необхідним є використання методології комплексного вирішення проблеми. Існує багато різних нових методологій оцінки стійкості. Серед них методологія визначення екологічних слідів негативного впливу займає особливу увагу. Облік слідів парникових газів (які включають не тільки двоокис вуглецю) становиться широко поширеним засобом обліку стану довкілля для бізнес-менеджерів, політиків і неурядових організацій, що намагаються визначити ті заходи, які зменшать загрозу зміни клімату. В даний час промислові підприємства все частіше беруть участь в розробці методів охорони навколишнього середовища при впровадженні нових технологій виробництва. Зараз методологія визначення слідів негативного впливу застосовується в усьому світі. Розглянуті з її допомогою проблеми стають все більш різноманітними. Це ефективно використання прісної води в областях зі змінами клімату (водний слід), землекористування (земельний слід), використання матеріалів (матеріальний слід), бізнес (фінансовий слід), а також при розгляді розвитку суспільства і умов життя (сліди впливу на здоров'я і зайнятість населення).

На конференції представлені науково-практичні матеріали з подальшого традиційного для кафедри ІТПА НТУ «ХПІ» розвитку з оптимізації експлуатаційних характеристик пластинчастих теплообмінників. Запропоновано узагальнену модель формування забруднень на поверхні теплопередачі теплообмінних апаратів. Модель представлена в безрозмірною формі, що дозволяє розширити діапазон її застосування на більш широкий клас процесів забруднення теплопередаючих поверхонь в умовах, коли інтенсивність процесу контролюється масопереносом в основному потоці і швидкістю реакції на межі поділу рідкої і твердої фаз. Застосування запропонованої моделі формування забруднень дозволило розробити математичну

модель формування забруднень в каналах пластинчатого теплообмінника з урахуванням зміни основних параметрів процесу уздовж поверхні теплопередачі. Для перевірки отриманих моделей і визначення входять до них безрозмірних параметрів планується проведення розрахунків для конкретних умов і порівняння з даними експериментальних досліджень і промислових випробувань пластинчастих теплообмінників при роботі із середовищами схильними до утворення забруднень на поверхні, що передає тепло.

У запропонованому матеріалі вищевказаної доповіді на конференції «Аналіз теплообмінних систем абсорбційних установок очистки синтез-газу газифікаційних агрегатів великої одиничної продуктивності» визначено: одним з основних завдань сучасності є забезпечення сталого розвитку суспільства. Важливий компонент вирішення цього завдання – скорочення витрат теплової енергії і палива [1]. Вирішення цієї проблеми включає в себе безліч аспектів, в тому числі: економія споживання енергоресурсів, розвиток енергозберігаючих технологій, використання вторинних енергетичних ресурсів і т.д. [2–4]. У зв'язку з цим розробка енергозберігаючих технологій набуває першочергового значення. Однією з таких технологій є газифікація твердих і рідких горючих палив.

Процес газифікації вугілля, вуглеводнів і вуглецевих відходів являє собою сукупність хімічних реакцій, в результаті яких утворюється газова суміш, що складається з оксиду вуглецю (CO), водню і діоксиду вуглецю (CO₂), яка називається синтез-газом [5]. Синтез-газ також містить ряд домішок, що утворюються за рахунок побічних хімічних реакцій. Газифікаційні агрегати конверсії, наприклад, відходів нафтопереробних виробництв так само, як і агрегати газифікації вугілля, являють собою в тій чи іншій мірі інтегровану сукупність хіміко-технологічних систем: поділ повітря для отримання кисню, що подається в газогенератор (газифікатор), власне процес газифікації, системи очищення синтез-газу, включно з очищенням від H₂S і CO₂, очищення стічних вод.

З ціллю підвищення визнання досягнень української хімічної і харчової інженерії вченими Європейської спільноти задачами можна вважати: підвищення рівня цитування наукових робіт у міжнародних науково-метричних базах; зміцнення представництва України в робочих групах та секціях EFCE делегатами від асоціації CFE-UA за означеними напрямками; сприяння безкоштовній публікації наукових розробок членів асоціації у провідних європейських журналах; публікація матеріалів рекламного напрямку виробників та розробників хімічної і харчової продукції у виданнях; надання регулярної інформації про проведення різного рівня міжнародних конференцій, форумів та семінарів в Україні та Європі; утворення сприятливих умов для участі молодих вчених у Європейських конференціях за рахунок, наприклад,

зниження суми організаційних внесків; 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; 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.

Висновки та перспективи подальшого розвитку. CFE-UA сприяє втіленню головної задачі своєї діяльності – співробітництву вчених та виробників хімічної та харчової промисловості України спільно з EFCE для загального розвитку хімічної та харчової промисловості, наприклад, розповсюдження деяких наукових розробок з напрямків позначених вище за текстом та в матеріалах конференції [1–21].

Перспективи подальшого розвитку співпраці можна визначити у наступному комплексному плані:

1. Завдання поставки енергетичних і водних ресурсів, поряд з їх ефективним використанням в промисловості є важливими для забезпечення здорового функціонування світових економік – для забезпечення надійності при постачанні і використанні енергії, а останнім часом ще й водних ресурсів, необхідно виходити з принципу

мінімального негативного впливу на навколишнє середовище, або ж поліпшення стану навколишнього середовища за рахунок розвитку мережевої регенерації.

2. Зміна клімату, поряд зі змогом в зростаючих мегаполісах і районами з дефіцитом води, є ключовими екологічними проблемами нашого часу. Забруднені повітря і вода, особливо в містах з великою концентрацією населення і ресурсів, створюють зростаючу загрозу для людства.

3. Застосування інтегрованих технологій в хімічній, фармацевтичній, біотехнологічній та харчовій промисловості традиційно призводить до успішних результатів, однак при вирішенні глобальних проблем сталого розвитку потрібно використовувати розгляд системи, що охоплює всю планету. При цьому необхідна тісне стратегічне співробітництво в багатьох наукових областях. Рішення завдань для такої великої системи вимагає тісної взаємодії фахівців різних областей наук, серед них інженери-технологи, менеджери, економістів, політики, екологи, юристи і соціологі.

В даному контексті забезпечення більш чистою з екологічної точки зору енергії і води є ключовим для більш чистого виробництва, особливо для скорочення викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин, які безпосередньо пов'язані з типом і кількістю використовуваних джерел енергії.

Список літератури:

1. J. Klemes, F. Friedler, I. Bulatov, P. Varbanov. Sustainability in the Process Industry. Integration and Optimization. The Mc Grow-Hill Co. Inc., New York, 2011.
2. Perevertaylenko O.Y., Gariev A.O., Damartzis T., Tovazhnyansky L.L., Kapustenko P.O., Arsenyeva, O.P., 2015. Searches of cost effective ways for amine absorption unit design in CO2 post-combustion capture process. Energy, 90, pp.105-112.
3. Bukhhalo, S. I., Klemeš, J. J., Tovazhnyansky, L. L., Arsenyeva, O. P., Kapustenko, P. O., and Perevertaylenko, O. Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, 70, 2047–2052.
4. Товажнянський Л.Л., Капустенко П.А., Бухкало С.І. и др. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение. – Харків, НТУ «ХП», 2005. – 460 с.
5. Товажнянський Л.Л., Капустенко П.А., Бухкало С.І. и др. Определение потенциала энергосбережения процесса дистилляции каменноугольной смолы и процесса переработки нафталиновой фракции на Авдеевском КХЗ // Інтегровані технології та енергозбереження. Харків, НТУ «ХП», 2003. – № 2, – с. 23–30.
6. Товажнянський, Л.Л., Капустенко, П.А., Бухкало, С.І., Перевертайленко, А.Ю. К вопросу применения пастеризационно-охладительных пластинчатых аппаратов для тепловой обработки молока. Інтегровані технології та енергозбереження. Харків, НТУ «ХП», 2005. № 3, – с. 3–12.
7. Товажнянський, Л.Л., Капустенко, П.А., Перевертайленко, А.Ю., Бухкало, С.І., Арсеньева, О.П. Анализ теплообменных систем установок газификации нефтеперерабатывающих производств. Інтегровані технології та енергозбереження, Харків, НТУ «ХП», 2011, №3, – с. 54–62.
8. Товажнянський, Л.Л., Капустенко, П.А., Бухкало, С.І., Перевертайленко, А.Ю., Арсеньева, О.П. Эффективные компоненты теплообменных систем для процессов конверсии техногенных отходов. Вісник НТУ «ХП», – Х. : НТУ «ХП», 2011, №21, – с. 3–12.
9. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Денисова А.Є., Демідов І.М., Капустенко П.О., Арсеньева 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.
10. 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.
11. Бухкало, С. І. (2014). Деякі аспекти екологічної безпеки полімерної тари та пакування харчової промисловості. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], №45 (3), – с. 76–79.
12. 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. 7–78.
13. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012, № 10. – с. 160–166.
14. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. № 10. – с. 72–80.
15. Бухкало С.І. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов. Інтегровані технології та енергозбереження. Харків. НТУ «ХП», 2001, № 2, с. 106–112.
16. Вель, В.Е. Аномальное разрушение безобжиговой керамики на основе оксида алюминия, содержащей стеклофазу, при повышенных температурах. Механика та машинобудування №1, 1997, с. 26–33.
17. Товажнянський, Л.Л., Вель, В.Е., Гусева, Н.І., Верба, А.Г. Керамические нагреватели для энергоэффективной направленной передачи тепла. Оборудование. Инструмент, 2006, №3, – с. 96–98.
18. Кузнецова, М.М., Вель В.Е. Расчет энергоэффективного режима работы шаровой мельницы. Вісник Національного технічного університету ХП. №64, 2013, – с. 13–18.
19. Краснокутський Е.В., Вель В.Е., Пономаренко А.В., Кошій В.А. Стенд для изучения кинетических и газодинамических параметров каталитических процессов очистки газов.

- Інтегровані технології та енергозбереження, №2, 2013, – с. 126–131.
20. Селихов Ю.А., Ведь В.Е., Бухкало С.И., Костин, В.М. Конструкционные особенности увеличения эффективности работы гелиоустановок. Экологические и ресурсосбережение, 2004, №3, – с. 70–74.
 21. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., ТОЛЧИНСКИЙ Ю.А., ВЕДЬ Е.В., МЕШАЛКИН В.П. Трехуровневая модель поверхностной каталитической реакции на платиновом катализаторе. Теоретические основы химической технологии, 2011, № 45(5), – с. 498–503.
- Bibliography (transliterated)**
1. J. Klemes, F. Friedler, I. Bulatov, P. Varbanov. Sustainability in the Process Industry. Integration and Optimization. The Mc Graw-Hill Co. Inc., New York, 2011.
 2. Perevertaylenko O.Y., Gariev A.O., Damartzis T., Tovazhnyanskyu L.L., Kapustenko P.O., Arsenyeva, O.P., 2015. Searches of cost effective ways for amine absorption unit design in CO2 post-combustion capture process. Energy, 90, pp.105–112.
 3. Bukhhalo, S. I., Klemes, J. J., Tovazhnyanskyu, L. L., Arsenyeva, O.P., Kapustenko, P. O., Perevertaylenko, O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions. 2018, 70, – pp/2047–2052.
 4. Tovazhnyanskij L.L., Kapustenko P.A., Bukhhalo S.I. i dr. Osnovnye tehnologii pishhevyykh proizvodstv i jenergosberezhennie. – Harkiv, NTU «KhPI», 2005, – 460 p.
 5. Tovazhnyanskij L.L., Kapustenko P.A., Bukhhalo S.I. i dr. Opredelenie potentsiala jenergosberezhennija processa distilljatsii kamenougol'noj smoly i processa pererabotki naftalinoj frakcii na Avdeevskom KHZ // Integrovani tehnologii ta energozberezhennija. Harkiv, NTU «KhPI», 2003, № 2, – pp. 23–30.
 6. Tovazhnyanskij, L.L., Kapustenko, P.A., Bukhhalo S.I., Perevertajlenko, A. Ju. K voprosu primenenija pasterizacionno-ohladiatel'nykh plastinchatykh apparatov dlja teplovoj obrabotki moloka. Integrovani tehnologii ta energozberezhennija. Harkiv, NTU «KhPI», 2009, № 3, – pp. 3–12.
 7. Tovazhnyanskij L.L., Kapustenko P.A., Perevertajlenko A.Ju., Bukhhalo, S.I., Arsen'eva, O.P. Analiz teploobmennyykh sistem ustanovok gazifikatsii neftepererabatyvayushchih proizvodstv. Integrovani tehnologii ta energozberezhennija, Harkiv, NTU «KhPI», 2011, №3, – pp. 54–62.
 8. Tovazhnyanskij L.L., Kapustenko P.A., Bukhhalo S.I., Perevertajlenko A.Ju., Arsen'eva, O.P. Jeffektivnye komponenty teploobmennyykh sistem dlja processov konversii tehnogennykh othodov. Visnik NTU «KhPI», 2011, № 21, – pp. 3–12.
 9. Tovazhnyanskij L.L., Bukhhalo 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 harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah: innovacijni zahodi. (pidruchnik z grifom MON Ukraini, 2-ge vid, pererobl), Kiiv: Centr uchbovoї literaturi, 2016, – 470 p.
 10. Tovazhnyanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. ta in.. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah ta zadachah. Pidruchnik z grifom MONU: – Kiiv: Centr uchbovoї literaturi. 2011, – 832 p.
 11. Bukhhalo, S.I. Dejaki aspekti ekologichnoї bezpeki polimernoї tari ta pakuvannya harchovoї promislivosti. Naukovi praci [Odes'koї nacional'noї akademii harchovih tehnologii] 2014, 45(3), 76–79.
 12. Bukhhalo S.I. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnykh predpriyatij po pererabotke othodov / S.I. Bukhhalo, S.E. Garder, O.Ju. Himich i dr. // Visnik NTU «KhPI». – H.: NTU «KhPI». 2012. № 10, – pp. 7–78.
 13. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hov's'ka O.I. i dr. Ob utilizatsii polimernykh othodov kak kom-plekse innovacionnykh proektov / S.I. Bukhhalo, A. V. Serikov, O.I. Ol'hov's'kaia i dr.// Visnik NTU «KhPI». – H.: NTU «KhPI». 2012. № 10. – pp. 160–166.
 14. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hov's'ka O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhennija na kompleksnykh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU «HPI». – Khar'kov: NTU «KhPI», 2012, № 10, – pp. 72–80.
 15. Bukhhalo S.I. Resursosberegajushhie tehnologii ispol'zovanija polimernykh othodov. Integrovani tehnologii ta energozberezhennija. Harkiv, NTU «KhPI», 2001, № 2, – pp. 106–112.
 16. Ved' V.E. Anomal'noe razrushenie bezobzhigovoj keramiki na osnove oksida aljuminija, sodержashhej steklofazju, pri povyshennykh temperaturah. Mehanika ta mashinobuduvannya. 1997, №1, – pp. 26–33.
 17. Tovazhnyanskij, L.L., Ved', V.E., Guseva, N.I., Verba, A.G. Keramicheskie nagrevateli dlja jenergojeffektivnoj napravlennojperedachi tepla. Oborudovanie. Instrument, 2006, №3, – s. 96–98.
 18. Kuznecova, M.M., Ved' V.E. Raschet jenergojeffektivnogo rezhima raboty sharovoj mel'nicy. Visnik Nacional'nogo tehnichnogo universitetu KhPI, 2013, №64, – pp. 13–18.
 19. Krasnokutskij E.V., Ved' V.E., Ponomarenko A.V., Koshhij V.A. Stend dlja izuchenija kineticheskikh i gazodinamicheskikh parametrov kataliticheskikh processov ochistki gazov. Integrovani tehnologii ta energozberezhennija. 2013, №2, – pp. 126–131.
 20. Selihov Ju.A., Ved' V.E., Bukhhalo S.I., Kostin, V.M. Konstrukcionnye osobennosti uvelichenija jeffektivnosti raboty gelioustanovok. Jekotehnologii i resursosberezhennie, 2004, №3, – pp. 70–74.
 21. Tovazhnyanskij L.L., Tolchinskij Ju.A., Ved' E.V., Meshalkin V.P. Treurovnevaja model' poverhnostnoj kataliticheskoj reakcii na platinovom katalizatore. Teoreticheskie osnovy himicheskoi tehnologii, 2011, № 45(5), – pp. 498–503.

Поступила (received) 23.10.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Товажнянський Леонід Леонідович (Товажнянский Леонид Леонидович, Tovazhnyanskyu Leonid Leonidovych) – почесний ректор Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9000-3824>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

Капустенко Петро Олексійович (Капустенко Петр Алексеевич, Kapustenko Petro Oleksiyovych) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; e-mail: kap@kpi.kharkov.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3550-5274>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

Ведь Валерій Євгенович (Ведь Валерий Евгеньевич, Ved Valeriy Evgenyevich) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів НТУ «ХПІ», e-mail: valeriy.e.ved@gmail.com;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8037-4613>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhhalo Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: bis.khr@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

Арсеньєва Ольга Петрівна (Арсеньева Ольга Петровна, Arsenyeva Olga Petrovna) – доктор технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380577076778; e-mail: ol.arsenyeva@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9013-6451>; e-mail: cfe.ukraine@gmail.com

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

<i>Василенко А. А., Товажнянський Л. Л., Кусаков С. К.</i> Экспериментальный стенд для исследования процесса конденсации пара из смеси с воздухом в каналах пластинчатого теплообменника.....	3
<i>Денисова А. Є., Морозюк Л. І., Алхемєрі Саад Альдін, Кандеева В. В., Цуркан А. В.</i> Схемно-конструктивні та технологічні особливості систем тригенерації для умов Близького Сходу.....	10
<i>Галак О. В., Сахненко М. Д., Ведь М. В., Меньшов С. М., Клімов О. П.</i> Використання оксиду титану для дезінтеграції небезпечних хімічних речовин за допомогою фотокаталізу	17
<i>Вухкало Svetlana, Ageicheva Anna, Komarova Oleksandra, Babash Larysa.</i> Intellectual property protection in distance education system.....	23

МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

<i>Мацєгора А. И., Арсєньєва О. П., Капустенко П. А., Зоренко В. В., Соловей Л. В.</i> Обобщенная модель формирования загрязнений поверхности теплопередачи в безразмерной форме и ее применение для расчета пластинчатого теплообменника.....	28
<i>Бабак Т. Г., Быканов С. Н., Соловей Л. В., Ус В. А.</i> Оптимизация потребления энергоносителей в процессе выпаривания водного раствора гидроксида натрия.....	33
<i>Пріщенко О. П., Черногор Т. Т.</i> Аналіз прикладів застосування диференціальних рівнянь в хімічній та харчовій технології.....	39
<i>Бухкало С. І., Іглін С. П., Главчева Ю. М., Мірошниченко Н. М.</i> Можливості визначення компонентів складових комплексних проєктів.....	46

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

<i>Лаврова І. О., Кишка Р. В., Валуйкін С. В., Владимиренко В. В.</i> Аналіз можливостей використання фосфоліпідів у якості деємульгаторів для електрознесольовальних установок.....	53
<i>Солодовникова Л. Н., Тарасов В. А., Шабатин В. Н.</i> Снижение радоноопасности хранилищ радиоактивных отходов.....	60
<i>Kondratjuk N., Stepanova T.</i> Prospects of amaranth using in the brine systems based on uronate polysaccharides.....	67
<i>Гончаров Є. О., Гладкий Ф. Ф., Литвиненко О. А.</i> Геометрична ізомеризація ненасичених ацилгліцеринів.....	73

ІННОВАЦІЙНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

<i>Поливанов Є. А., Малецький М. В.</i> Інноваційні технології екструдованої продукції з алкопротекторною дією на основі рибної сировини.....	77
<i>Rozhenko I. V., Ageicheva O. O., Derkunska Z. V., Pshychkina N. G.</i> European distance learning experience at higher educational institutions in Ukraine.....	82
<i>Товажнянський Л. Л., Капустенко П. О., Ведь В. Є., Бухкало С. І., Арсєньєва О. П.</i> Інноваційні напрямки розвитку хімічної і харчової інженерії.....	87

ЗМІСТ	92
--------------------	----

ІНФОРМАЦІЯ	94
-------------------------	----

CONTENT

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC DEVELOPMENTS

<i>Vasilenko A. A., Tovazhnyanskyy L. L., Kusakov S. K.</i> Experimental set-up for the study of the condensation process of steam from a mixture with air in the channels of plate heat exchanger.....	3
<i>Denysova A. E., Morozuk L. I., Alchemiri Saad Aldin, Tsurkan A. V.</i> Schemes, design and technological features of trigeneration systems for the conditions of the Middle East.....	10
<i>Galak A. V., Sakhnenko N. D., Ved M. V., Menshov S. N., Klimov A. P.</i> Use of titanium oxide for disinfection of dangerous chemical substances by photocatalis.....	17
<i>Bukhhalo Svetlana, Ageicheva Anna, Komarova Oleksandra, Babash Larysa.</i> Intellectual property protection in distance education system.....	23

MODELING AS A TOOL OF INNOVATION

<i>Matsegora O. I., Arsenyeva O. P., Kapustenko P. O., Zorenko V. V., Solovey L. V.</i> A generalized mathematical model of the fouling formation on the heat transfer surface in non-dimensional view and its application for plate heat exchangers design.....	28
<i>Babak T. G., Bykanov S. M., Solovey L. V., Us V. A.</i> Optimization of energy utilities consumption in the aqueous sodium hydroxide solution evaporation.....	33
<i>Prishchenko O. P., Chernogor T. T.</i> Analysis of examples of applying differential equations in chemical and food technologies.....	39
<i>Bukhhalo S. I., Iglin S. P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N. N.</i> Possibilities analysis for integrated innovative projects.....	46

ENERGY AND RESOURCE SAVING AS PROBLEMS AND TECHNOLOGIES OF INNOVATIONS

<i>Lavrova I. O., Kishka R. V., Valuikin S. V., Vladimirenko V. V.</i> Analysis of opportunities for the use of phospholipids as demulsifier for electrical oil desalting.....	53
<i>Solodovnikova L. N., Tarasov V. A., Shabatın V. N.</i> Reduction of radon safety storage the radioactive wastes..	60
<i>Kondratjuk N., Stepanova T.</i> Prospects of amaranth using in the brine systems based on uronate polysaccharides.....	67
<i>Goncharov Y. O., Gladkiy F. F., Litvinenko O. A.</i> Geometrical isomerization of unsaturated acylglycerines...	73

INNOVATIVE SCIENTIFIC RESEARCH DIFFERENT PURPOSES

<i>Polyvanov Y. A., Maletsky M. V.</i> Innovative technologies of extruded foods with alcoprotective action on the basis of fish raw.....	77
<i>Rozhenko I. V., Ageicheva O. O., Derkunska Z. V., Pshychkina N. G.</i> European distance learning experience at higher educational institutions in Ukraine.....	82
<i>Tovazhnyanskyy L. L., Kapustenko P. O., Ved V. E., Bukhhalo S. I., Arsenyeva O. P.</i> Innovative directions of chemical and food engineering development.....	87

CONTENT	92
---------------	----

INFORMATION	94
-------------------	----

АТ «УКРГАЗВИДОБУВАННЯ» – ЛІДЕР ЗА КІЛЬКІСТЮ ПРОЦЕДУР З ОВД ТА ОТРИМАНИХ ВИСНОВКІВ ПРО ДОПУСТИМІСТЬ ПЛАНОВАНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Оцінка впливу на довкілля (ОВД) – процедура, що проводиться перед початком планованої діяльності, яка може мати значний вплив на довкілля. Вона передбачає підготовку суб'єктами господарювання, органами державної влади чи органами місцевого самоврядування звіту з оцінки впливу на довкілля, проведення громадського обговорення, аналізу інформації, наданої у звіті та надання висновку з оцінки впливу на довкілля уповноваженим на це органом.

На сьогодні в Україні, менш, ніж за рік, розпочато близько 1,5 тисяч процедур з оцінки впливу на довкілля, по яким вже отримано 589 висновків від уповноваженого органу АТ «Укргазвидобування» розпочало 131 процедуру з оцінки впливу на довкілля. По 87, з яких вже проведено громадські слухання (69 – на продовження дії або отримання нових спеціальних дозволів на користування надрами та 18 – по бурінню та підключення свердловин). В результаті про допустимість планованої діяльності вже отримано 69 висновків з ОВД, що складає 12% від загальної кількості отриманих висновків в Україні.

Такий ривок по ОВД обумовлюється обранням курсом на досягнення енергонезалежності держави. Попри збільшення масштабів діяльності Товариства, питання охорони довкілля одним з пріоритетних. Дотримання на практиці встановлених висновками екологічних умов, покликане мінімізувати вплив на довкілля від планованої діяльності. ОВД для видобутку вуглеводнів стали свого роду лакмусовою смужкою щодо проявлення громадського інтересу. На сьогодні можна спостерігати або активну позицію громад, де планується діяльність, або ситуації, коли на громадські слухання взагалі ніхто не приходить. За результатами таких процедур, певні висновки щодо вдосконалювання процедур, зробило як Міністерство екології та природних ресурсів України, так і АТ «Укргазвидобування».

Кожна нова справа за Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» є кроком вперед, адже це можливість впроваджувати європейський підхід до оцінки впливу на довкілля. Нещодавно були проведені громадські слухання планованої діяльності АТ «Укргазвидобування» із продовження видобування вуглеводнів Лобачівського родовища (фото 1): представлення презентації «Опис планованої діяльності АТ «Укргазвидобування»» – начальник відділу зв'язків з місцевими громадами та органами влади Департаменту земельних відносин Олексій Сердюченко; представник Міністерства екології та природних ресурсів України Андрій Тищенко; начальник відділу екологічних досліджень охорони навколишнього середовища і промислової санітарії УкрНДІгаз Німець Наталя.



Фото 1 – Представлення презентації «Опис планованої діяльності АТ «Укргазвидобування»»

Справи АТ «Укргазвидобування» на прикладі показують, що можна здійснювати економічний розвиток країни і при цьому не нехтувати питаннями довкілля. Нещодавно були також проведені громадські слухання планованої діяльності АТ «Укргазвидобування» із продовження видобування вуглеводнів Чутівського родовища (фото 2). Представлення презентації «Опис планованої діяльності АТ «Укргазвидобування»» (фото 2) проводили начальник відділу екологічних досліджень охорони навколишнього середовища і промислової санітарії УкрНДІгаз Німець Наталя та головний фахівець з комунікацій Департаменту земельних відносин Дар'я Черкашина.



Фото 2 – Проведення громадського слухання планованої діяльності АТ «Укргазвидобування» із продовження видобування вуглеводнів Чутівського родовища

Кінцевим та важливим результатом проведення процедури з оцінки впливу на довкілля є отримання висновку з ОВД від уповноваженого територіального чи центрального органу, в якому визначається та обґрунтовується допустимість чи недопустимість планованої діяльності на визначеній території, а також визначаються умови її провадження. Важливість висновків з оцінки впливу на довкілля полягає у тому, що тільки після їх отримання Товариство може забезпечувати видобуток вуглеводнів, і таким чином сприяти забезпеченню енергонезалежності України.

Наразі АТ «Укргазвидобування» впевнено рухається процедурами з ОВД для подальшого здійснення планованої діяльності, які, до речі, стануть основою розвитку відносин із заінтересованими сторонами Товариства та одним з основних інструментів ефективної взаємодії з місцевими громадами та органами влади.

Дар'я Черкашина, головний фахівець з комунікацій Департаменту земельних відносин АТ «Укргазвидобування»

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХП»
СЕРІЯ: ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У НАУКОВИХ РОБОТАХ
СТУДЕНТІВ**

Збірник наукових праць

№ 40 (1316) 2018

Науковий редактор: канд. техн. наук, чл-кор. АН вищої освіти України, проф. С.І. Бухкало

Технічний редактор доц. Н.М. Мірошніченко

Відповідальний за випуск канд. техн. наук І. Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХП».
Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів.
Тел.: (057) 707-63-04; +380673010613, e-mail: bis.khr@gmail.com

Підп. до друку 13.12.18 р. Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,0. Облік.-вид. арк.
8,75 Тираж 300 пр. 1-й з-д 1-100. Зам. № Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

Видавничий центр НТУ «ХП». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2
