

ISSN 2220-4784
ISSN 2663-8738



ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

СЕРІЯ: Інноваційні дослідження у наукових роботах
студентів

2'2024

Харків
НТУ «ХПІ», 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"

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

№ 2'2024

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

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

No. 2'2024

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

Харків
НТУ «ХПІ», 2024

Kharkiv
NTU "KhPI", 2024

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», 2024. — № 2 (1368) 2024. — 92 с. — ISSN 2220-4784 (print), ISSN 2663-8738 (online).

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

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

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

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

Мова статей – українська, англійська.

Ідентифікатор медіа R30-02878, згідно з рішенням Національної ради

України з питань телебачення і радіомовлення від 01.02.2024 № 248.

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

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

Редакційна колегія серії

Головний редактор:

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

Відповідальний секретар:

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

Члени редколегії:

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

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

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

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

України, с.н.с. відділу водневої енергетики

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

Й. Клемеш, проф., Керівник лабораторії

інтеграції сталого процесу, Вища технічна

техніка у Брно, Чеська Республіка

П. Варбанов, PhD, доц., с.н.с., Лабораторія

інтеграції сталого процесу, Технологічний

університет Брно, Чеська Республіка

П. Стехлик, PhD, проф., технологічний

університет, Брно, Чеська республіка

З. Краванья, проф., лабораторія системотехники и

устойчивого развития, Марибор, Словения

Ф. Фридлер, проф., Католический университет,

лабораторія Heriberto Cabezas, Будапешт, Венгрия

Л. Пуиджанер, профессор, доктор философии,

Политехнический университет Каталонии, кафедра

химического машиностроения, Барселона, Испания

И. Плазл, проф., факультет химии и химической

технологии, Университет Любляны, Любляна, Словения

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

Ноттингемский университет, кампус Малайзии, кафедра

химической и экологической инженерии, Малайзия

Консультативна рада

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

НТУ «ХПІ», Україна

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

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

України «Енергетика та ресурсозбереження»

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

нетрадиційних енерготехнологій, Інститут

проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного

НАН України

Editorial staff

Editor-in-chief:

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

Executive secretary:

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

Editorial staff members:

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

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

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

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

Engineering Problems of NASU

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

Jiří Jaromír Klemes, dr. sc., Prof., Head of Sustainable Process

Integration Laboratory, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta

strojního inženýrství, Brno, Czech Republic

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

Sustainable Process Integration Laboratory, Brno University of

Technology, Brno, Czech Republic

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

Institute of Process and Environmental Engineering at the Faculty of

Mechanical Engineering, University of Technology, Brno, Czech

Republic

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

Chemical Engineering, Laboratory for Process Systems Engineering

and Sustainable Development, Maribor, Slovenia

Ferenc Friedler, Professor, PhD., Pázmány Péter Catholic

University, Heriberto Cabezas's Lab, Budapest, Hungary

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

Department of Chemical Engineering, Barcelona, Spain

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

Technology, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

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

Nottingham, Malaysia Campus, Dept. of Chemical and

Environmental Engineering, Malaysia

Advisory Board

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

Sciences of Ukraine, NTU "KhPI", Ukraine

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

University of Urban Economy, vice-president of National

Academy of Sciences of higher education of Ukraine

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

energy technologies Podgorny Institute for Mechanical Engineering's Problems of National Academy of Sciences of Ukraine

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 8 від 31 жовтня 2024 р.

Р. О. БАНК, Н. М. НИМЕЦЬ

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ ЗВІТІВ З ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ У СФЕРІ ГАЗОВИДОБУТКУ

У матеріалах статті розглянуті основні аспекти підготовки звітів з оцінки впливу на довкілля під час здійснення планованої діяльності з спорудження свердловин на нафту і газ у відповідності до Закону України про оцінку впливу на довкілля від 23 травня 2017 року № 2059-VIII. Наведено основні вимоги до складання звіту з оцінки впливу на довкілля. Проаналізовано вимоги законодавчих і нормативно-правових актів щодо здійснення оцінки впливу на довкілля. У статті наведено основні заходи попередження або зменшення негативного впливу на основні компоненти довкілля: геологічне середовище, ґрунти, водне середовище, атмосферне повітря, рослинний і тваринний світ. Визначено, що охорона природного середовища при бурінні свердловин відповідно до класифікації-ідентифікації складається з дотримання технологічних вимог, що передбачаються під час спорудження даних свердловин.

Ключові слова: оцінка впливу на довкілля, класифікація-ідентифікація, планована діяльність, екологічні наслідки, спорудження свердловин

R. O. BANK, N. NIMETS

SOME ASPECTS OF PREPARATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT REPORTS IN THE SPHERE OF GAS PRODUCTION ANOTATION

The materials of the article consider the main aspects of preparing reports on the assessment of environmental spillage during the implementation of planned activities for the construction of oil and gas wells in accordance with the Law of Ukraine on Environmental Impact Assessment dated May 23, 2017 No. 2059-VIII. The main requirements for compiling a report on the assessment of the environmental report are presented. The requirements of legislative and regulatory acts for the implementation of environmental impact assessment are analyzed. The article presents the main measures to prevent or reduce the negative impact on the main components of the environment: geological environment, soils, aquatic environment, atmospheric air, flora and fauna. It is determined that the protection of the natural environment during drilling wells in accordance with the classification-identification consists of compliance with the technological requirements that are provided for during the construction of these wells.

Keywords: environmental impact assessment, classification-identification, planned activity, environmental consequences, well construction.

Вступ. Обов'язковою умовою сталого розвитку України є досягнення цілей щодо безпечного для життя та здоров'я людей навколишнього природного середовища, забезпечення екологічно збалансованої системи природокористування, збереження і відтворення природно-ресурсного потенціалу суспільного виробництва.

У рамках реалізації вищезначених цілей Конституція України (ст.66) зобов'язує не заподіювати шкоду природі, а забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України є обов'язком держави (ст.16) [1].

Після підписання *Угоди про асоціацію між Україною та ЄС* (Директива 2011/92/ЄС про оцінку впливу окремих державних і приватних проєктів на довкілля) та на виконання положень *Орхуської Конвенції*, постало нагальне питання імплементації європейського законодавства щодо механізму захисту довкілля в правове поле України.

Для гармонізації та адаптації національного законодавства з європейським, 23.05.2017 р. було прийнято Закон України «Про оцінку впливу на довкілля», №2059 (далі – Закон про ОВД). Означений документ фактично є першим нормативно-правовим

актом, що повністю відповідає європейським принципам охорони та захисту довкілля та пройшов комплаєнс згідно європейських вимог.

Отже, сьогодні надзвичайно актуальною є постановка питання про засади здійснення оцінювання впливу на довкілля, його зміст, сутнісні характеристики й особливості тощо. Ця процедура першочергово має на меті запобігання шкоді довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, охорону довкілля, раціональне використання та відтворення природних ресурсів у процесі прийняття рішень про провадження господарської діяльності, яка може мати значний вплив на довкілля, з урахуванням державних, громадських і приватних інтересів. Тому важливим аспектом оцінювання впливу на довкілля є також захист екологічних прав громадян, оскільки завдяки прозорій і відкритій процедурі оцінки впливу на довкілля із залученням екологічно зацікавленої громадськості можна запобігти екологічним ризикам планованої діяльності, а отже, у перспективі захистити екологічні права, свободи та інтереси громадян.

© Банк Р.О.. Німець Н.М., 2024

Таким чином, вищезазначене у комплексі зумовлює **актуальність** дослідження, **метою** якого є аналіз звітів з оцінки впливу на довкілля та дослідження щодо опису факторів довкілля, які ймовірно зазнають впливу з боку планованої діяльності, зокрема у сфері газовидобутку.

Основна частина – постановка задачі. Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» передбачено проведення процедури з оцінки впливу на довкілля, законодавчою вимогою якої є, в тому числі, але не виключно, підготовка суб'єктом господарювання звіту з оцінки впливу на довкілля відповідно (ст. 2 Закону про ОВД). [2]

Перш за все необхідно зазначити, що суб'єкт господарювання забезпечує підготовку звіту з оцінки впливу на довкілля і несе відповідальність за достовірність наведеної у звіті інформації згідно з законодавством.

На свій вибір суб'єкт господарювання може розробити звіт з ОВД власними силами або із залученням проєктної організації. До речі, саме тому Закон про ОВД не передбачає будь-якої атестації чи сертифікації експертів, які розробляють звіт з ОВД. Ураховуючи відкритість звітів та висновків з ОВД, очікується, що професійний рівень проєктантів, а отже, і якість звітів з ОВД відрегулюються ринком. Уся відповідальність за достовірність інформації та всі повноваження за законом про ОВД (щодо подання документів, опублікування, участі в громадських слуханнях) накладені саме на суб'єкті господарювання [3, с. 38].

Закон передбачає обов'язковий зміст звіту з ОВД, від якого суб'єкт господарювання не має права відхилитися (ч. 2 ст. 6 Закону про ОВД). Усі зазначені в Законі про ОВД відомості повинні бути наявними у звіті. Звіт з оцінки впливу на довкілля включає:

- 1) опис планованої діяльності та її основних характеристик;
- 2) опис виправданих альтернатив планованої діяльності, основних причин обрання запропонованого варіанта з урахуванням екологічних наслідків;
- 3) опис поточного стану довкілля;
- 4) опис факторів довкілля, які ймовірно зазнають впливу з боку планованої діяльності та її альтернативних варіантів;
- 5) опис та оцінку можливого впливу на довкілля планованої діяльності;
- 6) опис методів прогнозування та припущень, покладених в основу такого прогнозування, а також використовувані дані про стан довкілля;
- 7) опис передбачених заходів, спрямованих на запобігання, відвернення, уникнення, зменшення, усунення значного негативного впливу на довкілля, зокрема (по можливості) компенсаційних заходів;
- 8) опис очікуваного значного негативного впливу діяльності на довкілля, зумовленого вразливістю проєкту до ризиків надзвичайних ситуацій, заходів запобігання чи пом'якшення впливу

надзвичайних ситуацій на довкілля та заходів реагування на надзвичайні ситуації;

9) визначення всіх труднощів (технічних недоліків, відсутності достатніх технічних засобів або знань), виявлених у процесі підготовки звіту з оцінки впливу на довкілля;

10) усі зауваження і пропозиції, що надійшли після оприлюднення повідомлення, а також таблиця із зазначенням інформації про повне врахування, часткове врахування або обґрунтування відхилення зауважень та пропозицій, одержаних під час громадського обговорення;

11) стислий зміст програм моніторингу та контролю щодо впливу на довкілля під час провадження планованої діяльності, а також (за потреби) планів післяпроєктного моніторингу;

12) резюме нетехнічного характеру інформації, зазначеної у пунктах 1–11 цієї частини, розраховане на широку аудиторію;

13) список посилань із зазначенням джерел, використовуваних для описів та оцінок, що містяться у звіті з оцінки впливу на довкілля.

В той же час необхідно зазначити, що кожна сфера (галузь або підгалузь) економіки має певні особливості підготовки звітів з ОВД, зокрема це стосується і сфери газовидобутку.

Також необхідно вказати, що підготовка звітів з ОВД у вищезазначеній сфері може здійснюватися за декількома категоріями видів планованої діяльності, найпоширенішими з яких є:

1) «глибоке буріння, у тому числі геотермальне буріння, буріння з метою зберігання радіоактивних відходів, буріння з метою водопостачання (крім буріння з метою вивчення стійкості ґрунтів)»;

2) «видобувна промисловість: видобування корисних копалин, крім корисних копалин місцевого значення, які видобуваються землевласниками чи землекористувачами в межах наданих їм земельних ділянок з відповідним цільовим використанням» [2].

Крім цього, підготовку звітів з ОВД у сфері газовидобутку рекомендується формувати у відповідності до Методичних рекомендацій з підготовки звіту з оцінки впливу на довкілля для видів діяльності у галузі видобування корисних копалин, затвердженого Наказом Міністерством захисту довкілля і природних ресурсів України від 28 грудня 2021 року, № 884.

Отже, надалі розглянемо окремі аспекти підготовки звітів з ОВД саме у сфері газовидобутку та проаналізуємо фактори довкілля, які ймовірно зазнають впливу з боку планованої діяльності в означеній сфері.

Визначення та аналіз Законодавства за метою. Оцінка впливу на довкілля здійснюється з урахуванням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, екологічної ємкості даної території, стану навколишнього природного середовища (у місці планованої діяльності), екологічних прогнозів та перспектив соціально-економічного розвитку регіону,

потужності та видів сукупного впливу шкідливих факторів та об'єктів на навколишнє природне середовище [4].

Визначення обсягу досліджень та рівня деталізації інформації, що підлягає включенню до Звіту, є необхідним для забезпечення права громадськості на адекватну і достовірну інформацію про плановані діяльності та пов'язану з цим екологічну інформацію, а також щоб надати органу влади інформацію, достатню для прийняття мотивованого рішення про плановану діяльність (мотивованого висновку з ОВД), та можливості перевірити наведені дані, оцінки та прогнози [4].

Відповідно до ст. 1 Закону України «Про охорону навколишнього середовища», завданням законодавства про охорону навколишнього природного середовища є регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище у сфері зміни клімату, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною [5].

Відповідно до ст. 6 Закону України «Про охорону атмосферного повітря», для оцінки стану забруднення атмосферного повітря встановлюються нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря та нормативи гранично допустимих викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин, рівні шкідливого впливу фізичних та біологічних факторів у межах населених пунктів, у рекреаційних зонах, в інших місцях проживання, постійного чи тимчасового перебування людей, об'єктах навколишнього природного середовища з метою забезпечення екологічної безпеки громадян і навколишнього природного середовища [6].

Відповідно до ст. 10 Закону України «Про охорону атмосферного повітря», суб'єкти господарювання, що здійснюють викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря та діяльність яких пов'язана з впливом фізичних та біологічних факторів на його стан, зобов'язані: здійснювати організаційно-господарські, технічні та інші заходи щодо забезпечення виконання вимог, передбачених нормативами екологічної безпеки у галузі охорони атмосферного повітря, дозволами на викиди забруднюючих речовин тощо [6].

Відповідно до ст. 2 Водного Кодексу України, завданням водного законодавства є регулювання правових відносин з метою забезпечення збереження, науково обґрунтованого, раціонального використання вод для потреб населення і галузей економіки, відтворення водних ресурсів, охорони вод від забруднення, засмічення та вичерпання, запобігання шкідливим діям вод та ліквідації їх наслідків, поліпшення стану водних об'єктів, а також

охорони прав підприємств, установ, організацій і громадян на водокористування [7].

Відповідно до ст. 162 Земельного Кодексу України, охорона земель - це система правових, організаційних, економічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель, запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського і лісогосподарського призначення, захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності земель лісогосподарського призначення, забезпечення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення [8].

Відповідно до ст. 2. Завдання Кодексу України про надра, завданням Кодексу України про надра є регулювання гірничих відносин з метою забезпечення раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб у мінеральній сировині та інших потреб суспільного виробництва, охорони надр, гарантування при користуванні надрами безпеки людей, майна та навколишнього природного середовища, а також охорона прав і законних інтересів підприємств, установ, організацій та громадян [9].

Відповідно до Закону України «Основи законодавства України про охорону здоров'я», кожна людина має природне невід'ємне і непорушне право на охорону здоров'я. Суспільство і держава відповідальні перед сучасним і майбутніми поколіннями за рівень здоров'я і збереження генофонду народу України, забезпечують пріоритетність охорони здоров'я в діяльності держави, поліпшення умов праці, навчання, побуту і відпочинку населення, розв'язання екологічних проблем, вдосконалення медичної допомоги і запровадження здорового способу життя [10].

Закон України «Про нафту і газ» визначає основні правові, економічні та організаційні засади діяльності нафтогазової галузі України та регулює відносини, пов'язані з особливостями користування нафтогазоносними надрами, видобутком, транспортуванням, зберіганням та використанням нафти, газу та продуктів їх переробки з метою забезпечення енергетичної безпеки України, розвитку конкурентних відносин у нафтогазовій галузі, захисту прав усіх суб'єктів відносин, що виникають у зв'язку з геологічним вивченням нафтогазоносності надр, розробкою родовищ нафти і газу, переробкою нафти і газу, зберіганням, транспортуванням та реалізацією нафти, газу та продуктів їх переробки, споживачів нафти і газу та працівників галузі [11].

Оцінка впливу на довкілля (ОВД) – це комплекс заходів, спрямований на виявлення характеру, інтенсивності і ступеня небезпеки впливу на стан навколишнього середовища та здоров'я населення будь-якого виду планованої господарської

діяльності, основні задачі, які вирішуються у ході виконання оцінки:

- вивчити в регіональному плані природні умови території, яка межує з ділянками розміщення планованої діяльності, включаючи характеристику поверхневих водних систем, ландшафтів (рельєф, родючі ґрунти, рослинність та ін.), геолого-гідрогеологічні особливості території та інших компонентів природного середовища;

- розглянути природні ресурси з обмеженим режимом їх використання, в тому числі водоспоживання та водовідведення, забруднення атмосферного середовища;

- оцінити можливі зміни в природних і антропогенних екосистемах;

- проаналізувати склад ґрунтів, рівні залягання підземних вод, виявити особливості гідрогеологічних умов майданчика, за результатами інженерно-геологічних пошукув оцінити ступінь захищеності підземних вод від можливого техногенного забруднення;

- оцінити ступінь можливого забруднення атмосферного простору викидами від об'єкту планованої діяльності;

- визначити шляхи мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище і біоту;

- визначити та описати соціально-демографічну характеристику території розміщення планованої діяльності та особливості господарського використання прилеглої території по видах діяльності;

- зібрати та проаналізувати інформацію про об'єкти розміщення відходів виробництва (види та обсяги відходів, місця їх накопичення, природоохоронні споруди, експлуатаційні можливості).

- запропонувати альтернативи з різними екологічними наслідками;

- розглянути сценарії антропогенних катастроф або руйнувань і способів ліквідації їх наслідків;

- ознайомити осіб, які приймають рішення, з можливими наслідками здійснення запланованого проекту;

- повідомити громадськість про ефективність проекту і можливі екологічні наслідки.

Враховуючи вимоги екологічного законодавства, нормативно-правові акти, методичні рекомендації, спорудження свердловин для видобування нафти і газу передбачається здійснювати одночасно з впровадженням заходів по охороні довкілля та надр. Ці заходи включають:

- запобігання негативного впливу на геологічне середовище;

- охорону повітряного середовища;

- запобігання забруднення горизонтів з прісними водами;

- зберігання родючого шару ґрунту від забруднення.

Класифікація-ідентифікація планованої діяльності. Метою планованої діяльності із спорудження свердловин є отримання геологічної інформації щодо прирощення запасів вуглеводневої сировини, забезпечення населення і промисловості даного регіону енергетичними ресурсами власного видобутку (природний газ).

Спорудження свердловин на нафту і газ планується з метою розробки продуктивних газових покладів, що також сприяє забезпеченню держави енергетичними ресурсами власного видобутку.

Даний вид планованої діяльності належить до другої категорії видів планованої діяльності та об'єктів, які можуть мати вплив на довкілля та підлягають оцінці впливу на довкілля згідно:

- статті 3 частини 3 пункту 1 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» – глибоке буріння, у тому числі геотермальне буріння, буріння з метою зберігання радіоактивних відходів, буріння з метою водопостачання (крім буріння з метою вивчення стійкості ґрунтів) [2];

- статті 3 частини 3 пункту 3 підпункт 1 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» – видобування корисних копалин, крім корисних копалин місцевого значення, які видобуваються землевласниками чи землекористувачами в межах наданих їм земельних ділянок з відповідним цільовим використанням [2].

Процес спорудження свердловин включає підготовчі роботи, які виконуються для розгортання фронту робіт і складаються з робіт з підготовки земельної ділянки, вишукувальних робіт, робіт зі спорудження тимчасових споруд та улаштування під'їзних шляхів [12].

Роботи з підготовки земельної ділянки:

- відведення в натурі ділянок траси для будівництва;

- зняття ґрунтового покриву земельних ділянок (родючого шару ґрунту), складування його на спеціально відведене місце уздовж траншеї для подальшого використання під час рекультивації;

- вертикальне планування ділянок траси будівництва;

- створення геодезичної розмічувальної основи для будівництва об'єкта.

Вишукувальні роботи:

- визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів, хімічних властивостей ґрунтових вод;

- оцінка інженерно-геологічної будови та гідрогеологічних умов [12].

Роботи зі спорудження тимчасових споруд:

- встановлення вишок по осі траси і по межі будівельної смуги для визначення небезпечних зон проведення робіт;

- розміщення інвентарних тимчасових будинків контейнерного типу для будівельників, майданчиків для складування матеріалів, майданчиків для складування будівельних відходів, контейнерів для побутових відходів, біотуалетів, пожежних щитів .

Улаштування під'їзних шляхів:

- улаштування тимчасових переїздів через існуючі газопроводи та кабелі зв'язку;
- визначення місць під'їздів та розворотів будівельної техніки.

Підготовка земельної ділянки включає відведення в натурі майданчика/траси для будівництва. Геодезична розмічувальна мережа повинна створюватися на будівельному майданчику у вигляді мережі закріплених знаками пунктів, що визначають положення споруджуваних споруд, інженерних мереж і доріг на місцевості.

Згідно вимог до початку виробництва основних будівельно-монтажних робіт з прокладкою комунікацій необхідно виконати в числі підготовчих робіт пошарове зняття і складування його в кагати, які розташовані по периметру майданчика для використання його в подальшому для відновлення порушених земель.

При підготовці земельної ділянки перед споруджуванням свердловини необхідністю є визначення меж території, очистка її від сторонніх предметів. Верхній шар ґрунту знімається бульдозером або скрепером за один прохід на глибину 0,2 м і складається в кагати висотою до 3 м. Не допускається змішування верхнього шару ґрунту, що знімається, з мінеральним.

Рішення по плануванню майданчика приймаються з урахуванням рельєфу, топографічних умов місцевості і з врахуванням технологічного взаємозв'язку об'єктів, що проектуються, із забезпеченням з'їзду на автодорогу.

Організація поверхневого водовідводу перед майданчиком спорудження свердловини (зовні огорожі) передбачається улаштуванням водовідвідних траншей. Організація поверхневого водовідводу з території майданчика у знижені місця рельєфу забезпечується шляхом улаштування ухилу при вертикальному плануванні.

Під'їзна автодорога приймається мінімальної ширини з покриттям із залізобетонних плит.

Будівельно-монтажні роботи

Будівельно-монтажні роботи на кожному буровому майданчику складаються з:

- земляних робіт (розробка котлованів під фундаменти для бурового обладнання, улаштування шламових амбарів, факельного амбару, розробка траншеї для прокладання газопроводу-шлейфу);
- монтажних робіт (монтаж бурового верстату, з встановленням фундаментних блоків і обладнання на них);
- робіт по спорудженню свердловини (буріння, випробовування, облаштування та підключення).

Будівельні роботи

Буровий верстат – це комплексна система, яка включає усі основні й допоміжні агрегати і механізми, які необхідні для будівництва свердловини. Тип приводу бурового верстату обрано в залежності від регіональних умов. В зв'язку з значною віддаленістю об'єктів планованої

діяльності від мережі електропостачання та урахуванням санітарно-захисної зони в 500 м, буріння проектних свердловин може здійснюватися з використанням бурового верстату «Bentec SR 6500» з дизель-електричним приводом (або аналог). Спосіб буріння – роторний, турбінний.

Конструкція свердловин вибирається у відповідності з діючими нормативними документами, гірничо-геологічними умовами проводки свердловини, врахуванням економічного ефекту, природоохоронних вимог, а також з огляду на технології споруджування свердловин. Кількість і глибина спуску колон визначено виходячи із умов можливості успішного проведення розкриття продуктивних горизонтів, вимог щодо охорони надр і навколишнього середовища [12].

Буровий верстат Bentec SR 6500 складається з наступного обладнання:

- головний привід груповий: чотири дизельні двигуни Cummins KTA 50-DR потужністю по 1306 кВт кожний ($N = 1306 \times 4 = 5224$ кВт);
- насосний блок з трьох насосів TC-1600-AC;
- бурова вежа - самопідіймна (вантажопідійомністю 454 т);
- висота вишкової основи 15 м;
- ротор RDF-375;
- обладнання для спуско-підйомних операцій (талева система);
- циркуляційна система (для забезпечення замкнутого циклу циркуляції бурового розчину);
- блоки для приготування і очистки бурового розчину (для забезпечення необхідного об'єму та параметрів бурового розчину при поглибленні свердловини, очистки бурового розчину від вибуреної породи);
- противикидне обладнання (превентори) [13].

Головний електропривід бурового верстата використовується для спуско-підйомних операцій, обертання бурильної колони з долотом за допомогою ротора при поглибленні свердловини, а також для приводу бурових насосів.

Бурова вежа та талева система забезпечує спуск і підйом обладнання для буріння і кріплення свердловини. Підвишкова основа служить опорою для бурової вежі.

Обладнання для спуско-підйомних операцій складається із лебідки, талевої системи і талевого каната і використовується для піднімання і опускання обладнання у свердловину.

Бурові насоси забезпечують циркуляцію бурового розчину через бурильні труби до вибою свердловини з метою виносу вибуреної породи на поверхню, забезпечення стійкості стінок ствола свердловини, створення протитиску на газоносні горизонти, охолодження долота, руйнування гірських порід.

Противикидне обладнання (превентори) встановлюється на усті свердловини і призначене для перекриття устя при газоводопровоявленнях. Також противикидне обладнання (ПВО) встановлюється на

кондуктор і проміжні колони, при бурінні нижче яких можливі газонафтоводопрояви, а також на експлуатаційну колону при проведенні в ній робіт з розкритими продуктивними пластами.

Експлуатаційні характеристики бурового обладнання та їх конструкція закладаються таким чином, щоб забезпечити оптимальні умови при бурінні свердловини певної глибини установками відповідного класу.

Вказаний комплекс обладнання та привишкових споруд компактно розміщується на майданчику бурової, покриття якої передбачається здійснити залізобетонними плитами. На покритій залізобетонними плитами частині майданчику окрім основного та допоміжного бурового обладнання розташовуються службові і побутові приміщення, майданчик для розміщення автоспецтехніки, блок зберігання паливно-мастильних матеріалів, склад зберігання хімреагентів та інше. Інша частина майданчика, яка не покривається залізобетонними плитами, використовується для спорудження гідроізоляційних шламових амбарів, для розміщення буртів родючого та мінерального ґрунтів, та інших потреб [13].

Буріння та кріплення стовбуру свердловин

Цикл спорудження кожної проектної свердловини складається з наступних робіт:

- буріння свердловини і кріплення її стінок обсадними колонами і їх цементування;
- випробування свердловин на наявність промислового припливу газу.

Після пуску верстату в роботу починають процес буріння стволу свердловини. Свердловину бурять ступенево, зменшуючи діаметр від інтервалу до інтервалу. Прийнятий роторний, турбінний спосіб буріння свердловин.

Основний спосіб буріння свердловин це механічне руйнування гірських порід під дією породоруйнуючого інструменту за рахунок неперервного його обертання з прикладеним до нього осьовим навантаженням.

При роторному способі буріння породоруйнуючий інструмент (долото) обертається разом із бурильною колоною з допомогою роторного механізму бурового верстата.

Буріння свердловини супроводжується промиванням стволу спеціальним буровим розчином. Буровий розчин обробляється, згідно технологічних регламентів, хімічними реагентами способом введення порошкоподібних і рідинних реагентів через горловину глиномішалки, через герметичну ємність, облаштовану дихальним клапаном та фільтром, або через гідрозмішувач.

Технологічний процес буріння передбачає використання розчину по замкнутому циклу: свердловина – вузол очистки – приймальні ємності – бурові насоси – свердловина, в якому передбачена можливість скидання надлишків бурового розчину і бурових стічних вод в шламові амбари.

Частинки вибуреної гірської породи (шлам)

виносяться на поверхню буровим розчином і в наступному виділяються із розчину механізмами очистки (віброситами, гідроциклоном, муловідділювачем і центрифугою).

Стовбур свердловини, для його стійкості, поетапно кріпиться обсадними колонами (трубами), які цементуються в затрубний простір спеціальними тампонажними (цементними) розчинами і в наступному залишаються в стовбурі, тобто створюють конструкцію свердловини. Обсадні колони на усті облаштовують противикидним обладнанням (ПВО), яким герметизують свердловину у випадку аварійного поступання газу, нафти і мінералізованої води в свердловину (нафтогазоводопрояви) [13].

Кількість і глибину спуску колон визначено виходячи з умов можливості успішного проведення розкриття горизонтів, які складають розріз проектних свердловин, з урахуванням вимог щодо охорони надр і навколишнього середовища по існуючих технологіях.

Для запобігання забруднення підземних вод та усунення міжпластових перетоків, крім спуску обсадних колон передбачається цементування затрубного простору високоякісним цементним розчином. Надійне перекриття водоносних горизонтів з використанням високоміцних портланд цементів унеможливить потрапляння бурового розчину у водоносні горизонти. Виконання гідророзриву не передбачається. Технологія спорудження свердловин не передбачає проведення вибухів, розривів, розмивів [13].

Буріння і кріплення свердловини вважається закінченим після спуску у свердловину останньої обсадної колони.

Охорона природного середовища при бурінні проектних свердловин складається з дотримання всіх технологічних вимог, що передбачається робочим проектом на спорудження свердловин.

Випробування свердловин на продуктивність

Після завершення буріння і кріплення стовбурів проектних свердловин проводиться їх випробування з метою оцінки продуктивності окремих горизонтів, для визначення пластових тисків і інших показників, тобто на можливість видобування вуглеводнів.

Випробування кожної проектної свердловини включає в себе виклик припливу продукції методом зниження протитиску на пласт і освоєння свердловини з одночасним спалюванням газу на факелі. Для випробування свердловини використовується факельний амбар. При одержанні припливу газу або пластової води проводиться дослідження проектних свердловин, щодо об'ємів припливу, якості флюїду і можливих параметрів наступного його видобутку.

Після проведення комплексу геофізичних досліджень і виклику припливу пластового флюїду, свердловини облаштовуються та підключаються шлейфами до існуючої установки підготовки вуглеводневої сировини. При відсутності

промислового припливу пластового флюїду свердловини ліквідуються [13].

По завершенню випробувань всіх перспективних пластів, на бурових майданчиках проектних свердловин проводиться рекультивация земельних ділянок [8, 14]. Залишки придатного до використання бурового розчину вивозяться на іншу бурову для подальшого використання.

Обмеження щодо провадження планованої діяльності зі спорудження свердловин. Для оцінки, урахування усіх можливих факторів впливу на компоненти довкілля, звіт з оцінки впливу на довкілля повинен містити еколого-санітарну оцінку впливу, обмеження, а також заходи для попередження впливу на аспекти довкілля.

Для проведення будівельних робіт та провадження планованої діяльності в межах земельних ділянок, які плануються під будівництво прийнятні екологічні, санітарно-гігієнічні, протипожежні та територіальні обмеження, а саме:

- здійснення планованої діяльності поза межами населених пунктів, в межах відведених у користування земельних ділянок та без задіяння нових площ;

- пересування будівельної техніки виключно в межах улаштованих під'їзних доріг та існуючих автошляхів;

- після закінчення будівництва відновлення (рекультивация) порушених земель у стан придатний до використання у сільському господарстві;

- дотримання розмірів нормативної санітарно-захисної зони, яка відповідно до «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів (ДСП 173-96)», затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 р. № 173 [15], для бурових майданчиків з використанням бурового верстату з дизельним приводом становить 500 м, для бурових майданчиків з використанням бурового верстату з електроприводом становить 300 м, для газових свердловин, під час експлуатації становить 300 м;

- здійснення діяльності з дотриманням вимог Законів України «Про природно-заповідний фонд України» [16], «Про охорону культурної спадщини, обмеження щодо зон санітарно-охоронного призначення» [17];

- забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності населення додержанням санітарно-гігієнічних нормативів щодо шкідливих впливів на навколишнє природне середовище;

- дотримання технологічних вимог, що передбачаються під час здійснення планованої діяльності;

- дотримання вимог не перевищення гранично-допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин на межі санітарно-захисної зони, не перевищення нормативно-допустимих рівнів шуму на межі санітарно-захисної зони;

- попередження засмічення, забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод;

- для захисту водоносних горизонтів від забруднення, відстань від дна гідроізолюваних амбарів-відстійників, до максимального рівня ґрунтових вод повинна бути не менше 2 м (відповідно до ГСТУ 41-00 032 626-00-007-97 «Охорона довкілля. Спорудження розвідувальних і експлуатаційних свердловин на нафту і газ на суші. Правила проведення робіт» [18]);

- для попередження від забруднення дощових та талих вод планування майданчику будівництва з улаштуванням ухилів та водовідвідних каналів для стоку поверхневих вод;

- заборона скидання в річки та інші водоймища, потрапляння в ґрунтові води виробничих та господарсько-побутових стоків;

- організація спеціально відведених місць для зберігання відходів та забруднених стоків;

- дотримання вимог природоохоронного законодавства у сфері поводження з відходами;

- дотримання вимог законодавства про тваринний і рослинний світ;

- виконання вимог щодо раціонального використання природних ресурсів;

- виконання правил протипожежної безпеки;

- наявність розроблених у встановленому порядку планом локалізації та ліквідації аварій та їх наслідків (ПЛЛА), розробка та виконання комплексу технологічних, технічних, організаційних рішень для забезпечення надійної безаварійної роботи технологічного устаткування.

У відповідності до Наказу Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 289 від 06.11.2017 р. «Про затвердження Переліку об'єктів будівництва, для проектування яких містобудівні умови та обмеження не надаються», зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 27.11.2017 р. за № 1437/31305 [19] в перелік об'єктів будівництва, для проектування яких містобудівні умови та обмеження не надаються входять:

- об'єкти виробничої потужності гірничих підприємств та буріння свердловин з видобутку природних ресурсів за межами населених пунктів;

- артезіанські свердловини, свердловини та споруди б'юветних комплексів (альтанки, насосні станції, обладнання).

У відповідності до частини першої статті 4 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» [20] до об'єктів будівництва не належать нафтові і газові свердловини та об'єкти їх улаштування.

Основні потенційні забруднюючі речовини навколишнього середовища при спорудженні свердловин умовно діляться на тверді, рідкі і газоподібні. До них відносяться:

- матеріали і хімеагенти для приготування промивних рідин і тампонажних розчинів;

- промивні рідини і тампонажні розчини;

- бурові стічні води, буровий шлам;

- паливно-мастильні матеріали;

- металеві відходи;
- пилевикиди при приготуванні бурового розчину;
- продукти згоряння електродів при зварюванні під час монтажних робіт;
- продукти згоряння дизельного палива при роботі ДВЗ бурового верстата, дизель-електростанції;
- продукти згоряння дизельного палива при роботі ДВЗ автомобіля КРАЗ 65101 (або аналог), з майданчика для розміщення автоспецтехніки;
- продукти згоряння газу при випробуванні і освоєнні свердловини;
- продукти випаровування з ємностей для зберігання ПММ;
- продукти вільного випаровування з поверхні гідроізольованих шламових амбарів [13].

Можливі причини і шляхи надходження забруднюючих речовин в навколишнє середовище розподіляються на технологічні і аварійні.

До технологічних відносяться:

- геофільтрація відходів;
- забруднення підземних вод питної якості в результаті перетоків в товщах гірських порід через негерметичність колон і неякісне цементування;
- неякісне виконання гідроізоляції технологічних майданчиків або її порушення;
- забруднення атмосферного повітря при зварюванні під час монтажних робіт; при роботі двигунів внутрішнього згоряння приводу бурового верстата, дизель-електростанції, автомобіля типу КРАЗ 65101; при спалюванні продуктів випробування свердловини на факелі; при приготуванні бурового розчину; при випаровуванні з ємностей для зберігання дизельного палива; при вільному випаровуванні з поверхні гідроізольованих шламових амбарів [13].

До аварійних причин відносяться:

- газопроявлення та фонтанування в процесі буріння свердловини;
- пориви трубопроводів, руйнування обваловки гідроізольованих шламових амбарів, розливи палива.

Оцінювання впливу складових дослідження.

Вплив на геологічне середовище виявляється у вигляді порушення нормативного стану геологічного розрізу, який вміщує стратиграфічні комплекси і підземні горизонти з відмінними по величині пластовими параметрами. До них відносяться: градієнти гідророзриву порід, градієнти пластових тисків і градієнти температури. В розрізі залягають горизонти з прісними і мінералізованими водами, нафтогазоносні і горизонти схильні до поглинань бурового розчину та інші.

При сумісному розкритті таких горизонтів можуть створюватись умови, які негативно впливатимуть на геологічне середовище у вигляді міжпластових перетоків прісних, мінералізованих вод і газу з конденсатом, чим забруднюватимуться надра, не відповідність густини бурового розчину пластовим тискам та поглинання бурового розчину в

пласти, не якісне цементування обсадних колон, порушення технології спорудження свердловини і як наслідок виникнення нафтогазоводопроявів і перехід їх у відкриті фонтани.

Попередження негативного впливу на геологічне середовище передбачається за рахунок застосування конструкції свердловини, яка включає послідовне перекриття пробурених інтервалів з сумісними умовами до проектною обсадними колонами, цементування високоміцним портландцементом.

Найбільш небезпечними для геологічного середовища можуть бути інтенсивні газопроявлення у випадку переходу їх у фонтанування при розкритті газоносних горизонтів.

Для попередження виникнення фонтанування в процесі буріння в робочому проекті передбачаються технічні рішення, які відповідають вимогам діючого СОУ 09.1-30019775-245:2015 «Свердловини на нафту і газ. Попередження газонафтоводопроявів і відкритих фонтанів при бурінні та капітальному ремонті свердловин».

Прийняті технічні рішення включають:

- вибір конструкції свердловини, яка забезпечує попередження гідророзриву розкритих гірських порід тиском газу при газопроявленнях і герметизації устя противикидним обладнанням;
- підбір обсадних труб по міцності, виходячи з очікуваного максимально можливого тиску на усті свердловини в процесі буріння і випробування на приплив газу;
- підбір густини бурового розчину, що забезпечує створення гідростатичного тиску в свердловині, перевищуючого пластовий;
- вибір типу бурового розчину і хімреагентів, що забезпечує створення на стінках свердловини тонкої, щільної і мало проникної кірки;
- герметизацію устя свердловини противикидним обладнанням;
- наявність на буровій запасного розчину необхідної густини в кількості, яка дорівнює об'єму ствола свердловини при первинному розкритті продуктивних горизонтів.

Приведені технічні рішення і заходи дозволяють зберігати геологічне середовище від негативного впливу процесів і явищ геологічного і техногенного походження.

Для уникнення негативного впливу на надра на кожному етапі буріння свердловин необхідно передбачити урахування та виконання вимог діючого природоохоронного законодавства.

Для попередження виникнення нафтогазовопроявів і перехід їх у відкриті фонтани передбачається підбір бурового розчину по типу, густині, текучості, а також встановлення на усті свердловин противикидного обладнання, яке відповідає параметрам безпечного спорудження свердловин..

Заходи щодо охорони водного середовища на об'єктах повинні здійснюватись згідно вимог

нормативно-правових актів щодо охорони поверхневих та підземних вод від забруднення.

Для забезпечення нормативного стану водного середовища під час будівництва необхідно передбачити:

- проведення запланованих робіт тільки в межах майданчиків свердловин;
- покриття бурових майданчиків залізобетонними плитами;
- цілодобовий контроль за дотриманням технологічного процесу;
- забезпечення герметизації технологічного обладнання з утриманням їх в технологічній справності;
- систематичне прибирання робочої зони і безпосередньо прилеглої до неї території від сміття;
- забезпечення встановленого порядку безпечного зберігання ТПВ (закриті контейнери, встановлені на майданчиках з твердим покриттям);
- забезпечення своєчасного вивезення відходів у встановлені місця їх знешкодження, видалення або оброблення;
- не допускати злив у річки, озера та інші водоймища води, витісненої з трубопроводу;
- передбачити скид стічних вод в накопичувальні ємності з подальшим транспортуванням на очисні споруди.

Запобігання забрудненню горизонтів з прісними водами при їх розкритті в процесі буріння передбачається за рахунок використання бурового розчину, який готується з бентонітового та палигорскітового глинопорошку на прісній воді, обробленого малотоксичними хімреагентами.

З метою попередження забруднення першого водоносного горизонту з прісними водами, рідкими відходами буріння, що будуть утворюватися в процесі спорудження свердловин, передбачається тимчасове зберігання їх в земляних гідроізольованих шламових амбарах.

Для відведення атмосферних опадів (дошових і талих снігових вод) майданчики спорудження свердловин після зняття родючого шару ґрунту перед укладкою залізобетонних плит передбачається вирівняти з ухилом в бік гідроізольованих шламових амбарів. З цією ж метою та для відведення бурових стічних вод підвишковим, агрегатним і насосним блоками передбачається спорудження стічних лотків.

Вплив на ґрунти під час виконання будівельних робіт буде тимчасовим (тільки під час виконання земляних робіт). Під час спорудження свердловини ґрунтовий покрив може зазнавати тимчасового впливу у від: землерийної, навантажувальної і транспортної техніки, яка використовується при підготовчих та монтажних роботах; відпрацьованим буровим розчином з хімреагентами; буровими стічними водами.

З метою недопущення забруднення родючого шару ґрунту перед початком будівництва передбачається його зняття та тимчасове його

складування в кагати, які розташовуються по периметру бурових майданчиків проектних свердловин, з наступним його поверненням на порушені земельні ділянки та відновленням порушених земель у стан придатний до використання в сільському господарстві.

Знімання родючого шару ґрунту здійснюється до початку монтажних робіт згідно вимог ГСТУ-41 00032626-00-023-2000. «Охорона довкілля. Рекультивация під час спорудження нафтових і газових свердловин».

Знімання родючого шару ґрунту передбачається на всій території земельних ділянок, за виключенням місць його складування.

Знімання родючого шару ґрунту здійснюється до початку монтажних робіт. Родючий шар знімається скрепером (бульдозером) – поперечними ходами у зоні технічної рекультивациі і складається в кагати висотою до 3 м з кутом відкосу до 45°.

Знімання родючого шару проводиться селективно, за два заходи, не допускаючи змішування шарів ґрунту. Не допускається змішування родючого ґрунту з мінеральним ґрунтом.

Якщо тривалість виробничого циклу менше 2-х років, тому згідно пункт 6.6, ГСТУ 41 00032626-00-023-2000. «Охорона довкілля. Рекультивация під час спорудження нафтових і газових свердловин» поверхня кагатів травами не засівається.

Для мінімізації впливу на ґрунти та відновлення родючості ґрунтів, приведення їх у стан придатний до використання у сільському господарстві, після закінчення бурових робіт передбачається проведення рекультивациі землі на бурових майданчиках. Вона виконується у відповідності з ГСТУ 41 00032626-00-023-2000. «Охорона довкілля. Рекультивация під час спорудження нафтових і газових свердловин» [14].

Роботи з рекультивациі поділяються на два послідовних етапи:

- проведення технічної рекультивациі;
- проведення біологічної рекультивациі.

Технічну рекультивацию, спрямовану на збереження родючого шару, виконує будівельна організація, біологічну рекультивацию, спрямовану на відновлення родючого шару ґрунту, здійснює землекористувач. Передбачається відшкодування землекористувачам збитків в порядку, зазначеному в «Інструкції про порядок відшкодування землекористувачам збитків, заподіяних вилученням або тимчасовим заняттям земельних ділянок, а також втрат сільськогосподарського виробництва, пов'язаних з вилученням земель для несільськогосподарських потреб».

Під час провадження планованої діяльності, проведення земляних робіт необхідне здійснення робіт з урахуванням вимог статті 36 Закону України «Про охорону культурної спадщини» [17]: якщо під час проведення земляних робіт буде виявлено знахідку археологічного або історичного характеру, виконавець робіт зобов'язується зупинити їх

подальше ведення і протягом однієї доби повідомити про це відповідний орган охорони культурної спадщини, на території якого проводяться земляні роботи. В разі виявлення знахідки археологічного або історичного характеру, відновлення земляних робіт проводяться з дозволу відповідного органу охорони культурної спадщини після завершення археологічних досліджень відповідної території.

Для запобігання впливу від утворення відходів передбачається їх тимчасове розміщення у спеціально відведених місцях у герметичних контейнерах, відповідно до класу небезпеки, з урахуванням вимог санітарного законодавства України.

Управління відходами здійснюється у відповідності до Закону України «Про управління відходами», для попередження негативного впливу від утворення відходів буріння, перед захороненням, передбачається їх нейтралізація та очищення. Для зменшення ступеня токсичності рідких відходів буріння, хімреагенти I класу небезпеки для обробки бурового розчину не використовуються.

Первинна нейтралізація хімреагентів, що використовуються для обробки бурового розчину, здійснюється при циркуляції через свердловину в умовах високого гідростатичного тиску і температури внаслідок реакції між хімреагентами.

Остаточна очистка і нейтралізація здійснюється шляхом вводу в відходи буріння коагулянту.

Кількісна оцінка впливу на атмосферне повітря виконується за нормативами діючого законодавства в сфері охорони атмосферного повітря [22], а саме за значеннями гранично-допустимих концентрацій (ГДК) в атмосферному повітрі житлової забудови, а також нормативами гранично допустимих викидів, встановлених Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України № 309 від 27.06.2006 р [23].

З метою скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря та зменшення можливого впливу на стан повітряного середовища під час будівництва передбачити наступні заходи:

- проведення запланованих будівельних робіт тільки в межах спеціально відведених для цього ділянок;
- обмеження переміщень будівельного спецавтотранспорту за встановленими маршрутами в межах існуючих автодоріг і ефективна організація безпеки його руху;
- використання при будівництві мінімально необхідної кількості будівельної техніки та механізмів;
- розроблення і дотримання графіка роботи будівельної техніки і робочого обладнання в режимах із найменшою кількістю викидів забруднюючих речовин;
- розподілення в часі роботи обладнання, яке зв'язано з безперервним технологічним процесом;

- виключення роботи двигунів і механізмів на форсованих режимах;

- розподіл у часі зайнятості одиниць техніки, яка не задіяна в єдиному технологічному процесі, таким чином, щоб виключався ефект підсилення і сумарної дії забруднюючих речовин;

- виконання транспортно-перевізних операцій із максимальною ефективністю і за умови повного завантаження техніки та використання якісного палива;

- регулювання двигунів внутрішнього згорання будівельної техніки;

- дотримання точного регламенту виробничої діяльності.

Зменшення шкідливого впливу на повітряне середовище може досягатись за рахунок оснащення дизельних двигунів фільтрами-іскрогасниками відцентрованого типу, що забезпечують іскрогасіння та виділення із продуктів згорання дизельного палива твердих часток.

Також для попередження забруднення повітряного басейну в процесі буріння свердловин передбачається:

- проводити профілактичний огляд герметизуючого устьового обладнання, викидних ліній;

- проводити підбір обсадних труб по міцності, а колонної головки, противикидного обладнання, фонтанної арматури, виходячи з максимального тиску газу на усті кожної свердловини, з метою попередження неконтрольованого виходу газу на поверхню;

- густина бурового розчину вибирається з умови забезпечення створення протитиску на газонасичені пласти;

- для завчасного виявлення газопроявлення постійно слідкувати за рівнем бурового розчину в приймальних ємностях;

- на випадок газопроявів необхідно передбачити буровий запас бурового розчину необхідної густини не менше одного об'єму свердловини.

З метою зменшення можливого впливу на стан атмосферного повітря під час експлуатації об'єкта планованої діяльності, передбачити наступні заходи:

- забезпечення герметизації технологічного обладнання і газопроводів-підключення з утриманням їх в технологічній справності;

- періодичний огляд технічного стану технологічного обладнання та проведення його технічного обслуговування;

- забезпечення можливості взяття проб з точок технологічного контролю;

- періодичне здійснення лабораторних досліджень проб атмосферного повітря в контрольних точках на межі встановленої санітарно-захисної зони за всіма забруднюючими речовинами, які надходять в атмосферне повітря;

6. Закон України Про охорону атмосферного повітря //Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 50, ст.67 – Режим доступу: [Про охорону атмосферного по... | від 16.10.1992 № 2707-XII](#)
7. Водний Кодекс України //Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст.189 – Режим доступу: [Водний кодекс України | від 06.06.1995 № 213/95-ВР](#)
8. Земельний Кодекс України //Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, № 3-4, ст.27 – Режим доступу: [Земельний кодекс України | від 25.10.2001 № 2768-III](#)
9. Кодекс України про надра // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 36, ст.340 – Режим доступу: [Про надра | від 27.07.1994 № 132/94-ВР](#)
10. Закон України Основи законодавства України про охорону здоров'я// Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1993, № 4, ст.19 – Режим доступу: [Основи законодавства Україн... | від 19.11.1992 № 2801-XII](#)
11. Закон України про нафту і газ // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 50, ст.262 – Режим доступу: [Про нафту і газ | від 12.07.2001 № 2665-III](#)
12. ВБН В.2.4-00013741-001:2008. Спорудження свердловин на газ і нафту. Основні положення.
13. ЗВІТ оцінки впливу на довкілля «Спорудження свердловин № 100 Південно-Коломацького ГКР та №№ 57, 60, 61, 62, 63, 64 Коломацького ГКР на газ і конденсат, підземні споруди. Підключення свердловин до установки підготовки вуглеводневої сировини «Укргазвидобування», Київ,
14. ГСТУ 41 00032626-00-023-2000. Охорона довкілля. Рекультивация під час спорудження нафтових і газових свердловин
15. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів // Наказ Міністерства охорони здоров'я України №173 від 19.06.96 р.: Режим доступу: [Про затвердження Державних саніт... | від 19.06.1996 № 173](#)
16. Закон України Про природно-заповідний фонд України// Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 34, ст.50 – Режим доступу: [Про природно-заповідний фон... | від 16.06.1992 № 2456-XII](#),
17. Закон України Про охорону культурної спадщини// Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 39, ст.333 – Режим доступу: Про охорону культурної спад... | від 08.06.2000 № 1805-III
18. ГСТУ 41-00 032 626-00-007-97. Охорона довкілля. Спорудження розвідувальних і експлуатаційних свердловин на нафту і газ на суші. Правила проведення робіт.
19. Про затвердження Переліку об'єктів будівництва, для проектування яких містобудівні умови та обмеження не надаються//Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 289 від 06.11.2017 р.
20. Закон України Про регулювання містобудівної діяльності// Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 34, ст.343 – Режим доступу: [Про регулювання містобудівно... | від 17.02.2011 № 3038-VI](#)
21. СОУ 09.1-30019775-245:2015 Свердловини на нафту і газ. Попередження газонафтоводопровів і відкритих фонтанів при бурінні та капітальному ремонті свердловин, УкрНДІгаз, Харків, 2015.
22. Закон України Про охорону атмосферного повітря // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 50, ст.678 – режим доступу: [Про охорону атмосферного по... | від 16.10.1992 № 2707-XII](#)
23. Про затвердження нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел// Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища України № 309 від 27.06.2006. – Режим доступу: [Про затвердження нормативів гран... | від 27.06.2006 № 309](#)
24. РД 52.04.52-85 Регулювання викидів при несприятливих метеорологічних умовах. Методичні вказівки // Державний комітет СРСР по гідрометеорології та контролю природного середовища, 1986 – Режим доступу: [РД 52.04.52-85 Регулювання викидів при несприятливих метеорологічних умовах. Методичні вказівки](#)
25. Tovazhnyansky L.L., Meshalkin V.P., Kapustenko P.O., Buhkalo S.I. Energy efficiency of complex technologies of phosphogypsum conversion. Theretical Foundations of Chemical Engineering. Vol. 47, No. 3, (2013), pp. 225–230.
26. ТОВАЖНЯНСКИЙ, Л.Л., КАПУСТЕНКО, П.А., БУХКАЛО, С.И., 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. Бухкало С.И. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов / С.И. Бухкало, С.Е. Гардер, О.Ю. Химич и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. №10. – с. 7–78.
31. Бухкало С.И., Сериков А.В., Ольховская О.И. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А. В. Сериков, О.И. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012, № 10. – с. 160–166.
32. Бухкало С.И., Гардер С.Е., Ольховская О.И. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. № 10. – с. 72–80.
33. Бухкало С.И. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов. Интегрировані технології та енергозбереження. Харків. НТУ «ХП», 2001, № 2, с. 106–112.
34. 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.
35. Бухкало С.И. и др. Математическое моделирование как инструмент модификации отходов полимеров. Вісник НТУ «ХП». 2010. Вип. 32. С. 52–59.

36. Бухкало С.И. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки. Интегрировані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХПІ», 2005, № 2. С. 29–33.
 37. Бухкало С.И. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2014. № 16. С. 3–11.
 38. Бухкало С.И. Синергетичні процеси утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2017. – № 41 (1263). С. 17–27.
 39. Бухкало С.И., Ольховська О.И., Іглін С.П., Зіпунніков М.М. Возможности развития компетентностей комплексных экологичнобезопасных проектов утилізації-модифікації. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ». 2018. № 18 (1294). С. 3–11.
 40. Бухкало С.И., Сериков А.В., Ольховская О.И. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2012. Вип.10. С. 160–166.
 41. Бухкало С.И., Ольховська О.И., Іглін С.П., Зіпунніков, М. М. Возможности развития компетентностей комплексных экологичнобезопасных проектов утилізації-модифікації / С. И. Бухкало [та ін.] // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Innovation researches in students' scientific work : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – № 18 (1294). – С. 3–9.
- References (transliterated)**
1. Konstitucija Ukraïni [Elektronnij resurs] // Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR). – 1996. – № 30. – s. 141. – Rezhim dostupu: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>
 2. Pro ocinku vplivu na dovkilja: Zakon Ukraïni vid 23 travnja 2017 roku № 2059-VIII. Golos Ukraïni vid 17.06.2017. № 110.
 3. Ocinka vplivu na dovkilja: vprovadzhenja prirodohoronnih praktik ta klimatičnoï politiki ЄS. [navch. posib. – Sumi : Sums'kij nacional'nij agrarnij universitet, 2021. – 152 s. – Rezhim dostupu: posibnik_1623674876.pdf
 4. Metodichni rekomendacii z pidgotovki zvitu z ocinki vplivu na dovkilja dlja vidiv dijalnosti u galuzi vidobuvannja korisnih kopolin //Nakaz Ministerstva zahistu dovkilja i prirodnih resursiv Ukraïni 28.12. 2021 № 884. – Rezhim dostupu: <http://eia.menr.gov.ua/upload/files/ioj0LU8g02.pdf>
 5. Zakon Ukraïni Pro ohoronu navkolishn'ogo seredovishha //Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 1991, № 41, st.546 – Rezhim dostupu: Pro ohoronu navkolishn'ogo p... | vid 25.06.1991 № 1264-XII
 6. Zakon Ukraïni Pro ohoronu atmosferного povitlja //Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 1992, № 50, st.67 – Rezhim dostupu: Pro ohoronu atmosferного po... | vid 16.10.1992 № 2707-XII
 7. Vodnij Kodeks Ukraïni //Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 1995, № 24, st.189 – Rezhim dostupu: Vodnij kodeks Ukraïni | vid 06.06.1995 № 213/95-VR
 8. Zemel'nij Kodeks Ukraïni //Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 2002, № 3-4, st.27 – Rezhim dostupu: Zemel'nij kodeks Ukraïni | vid 25.10.2001 № 2768-III
 9. Kodeks Ukraïni pro nadra // Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 1994, № 36, st.340 – Rezhim dostupu: Pro nadra | vid 27.07.1994 № 132/94-VR
 10. Zakon Ukraïni Osnovi zakonodavstva Ukraïni pro ohoronu zdorov'ja// Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 1993, № 4, st.19 – Rezhim dostupu: Osnovi zakonodavstva Ukraïn... | vid 19.11.1992 № 2801-XII
 11. Zakon Ukraïni pro naftu i gaz // Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 2001, № 50, st.262 – Rezhim dostupu: Pro naftu i gaz | vid 12.07.2001 № 2665-III
 12. VBN V.2.4-00013741-001:2008. Sporudzhuvannja sverdlovin na gaz i naftu. Osnovni polozhennja.
 13. ZVIT ocinki vplivu na dovkilja «Sporudzhennja sverdlovin № 100 Pivdenno-Kolomac'kogo GKR ta №№ 57, 60, 61, 62, 63, 64 Kolomac'kogo GKR na gaz i kondensat, pidzemni sporudi. Pidkljuchennja sverdlovin do ustanovki pidgotovki vuglevodnevoï sirovini «Ukrgazvidobuvannja», Kiïv,
 14. GSTU 41 00032626-00-023-2000. Ohorona dovkilja. Rekul'tivacija pid chas sporudzhennja naftovih i gazovih sverdlovin
 15. Pro zatverdzhennja Derzhavnih sanitarnih pravil planuvannja ta zabudovi naselenih punktiv // Nakaz Ministerstva ohorona zdorov'ja Ukraïni №173 vid 19.06.96 r.: Rezhim dostupu: Pro zatverdzhennja Derzhavnih sanit... | vid 19.06.1996 № 173
 16. Zakon Ukraïni Pro prirodno-zapovidnij fond Ukraïni// Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 1992, № 34, st.50 – Rezhim dostupu: Pro prirodno-zapovidnij fon... | vid 16.06.1992 № 2456-XII,
 17. Zakon Ukraïni Pro ohoronu kul'turnoï spadshhini// Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 2000, № 39, st.333 – Rezhim dostupu: Pro ohoronu kul'turnoï spad... | vid 08.06.2000 № 1805-III
 18. GSTU 41-00 032 626-00-007-97. Ohorona dovkilja. Sporudzhennja rozviduval'nih i ekspluatacijnih sverdlovin na naftu i gaz na sushi. Pravila provedennja robot.
 19. Pro zatverdzhennja Pereliku ob'ektiv budivnictva, dlja proektuvannja jakih mistobudivni umovi ta obmezhenja ne nadajut'sja//Nakaz Ministerstva regional'nogo rozvitku, budivnictva ta zhitlovo-komunal'nogo gospodarstva Ukraïni № 289 vid 06.11.2017 r.
 20. Zakon Ukraïni Pro reguljuvannja mistobudivnoï dijalnosti// Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 2011, № 34, st.343 – Rezhim dostupu: Pro reguljuvannja mistobudivno... | vid 17.02.2011 № 3038-VI
 21. SOU 09.1 30019775 245:2015 Sverdlovin na naftu i gaz. Poperedzhennja gazonaftovodoprojaviv i vidkritih fontaniv pri burinni ta kapital'nomu remontu sverdlovin, UkrNDIgaz, Harkiv, 2015.
 22. Zakon Ukraïni Pro ohoronu atmosferного povitlja // Vidomosti Verhovnoï Radi Ukraïni (VVR), 1992, № 50, st.678 – rezhim dostupu: Pro ohoronu atmosferного po... | vid 16.10.1992 № 2707-XII
 23. Pro zatverdzhennja normativiv granichnodopustimih vikidiv zabrudnjuduchih rehovin iz stacionarnih dzherel// Nakaz Ministerstva ohoronu navkolishn'ogo prirodного seredovishha Ukraïni № 309 vid 27.06.2006. – R:-ezhim dostupu: Pro zatverdzhennja normativiv gran... | vid 27.06.2006 № 309
 24. RD 52.04.52-85 Reguljuvannja vikidiv pri nesprijatlivih meteorologichnih umovah. Metodichni vkazivki // Derzhavnij komitet SRSR po gidrometeorologii ta kontrolju prirodного seredovishha, 1986 – Rezhim dostupu: RD

- 52.04.52-85 Reguljuvannja vikidiv pri nesprijatlivih meteorologichnih umovah. Metodichni vказivki
25. Tovazhnyansky L.L., Meshalkin V.P., Kapustenko P.O., Bukhhalo S.I. Energy efficiency of complex technologies of phosphogypsum conversion. Theretical Foundations of Chemical Engineering. Vol. 47, No. 3, (2013), pp. 225–230.
 26. Tovazhnjanskij, L.L., Kapustenko, P.A., Bukhhalo, S.I., Perevertajlenko, A.Ju., Arsen'eva, O.P. Jeffektivnye kompo-nenty teploobmennyh sistem dlja processov konversii tehnogennyh othodov. Visnik NTU «KhPI», – Kh. : NTU «KhPI». 2011, №.21, pp. 3–12.
 27. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.Є., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hovs'ka O.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah: innovacijni zahodi. (pidruchnik z grifom MON Ukraїni, 2-ge vidannja, pereroblene), Kiїv: Centr uchbovoї literaturi. 2016, 470 s.
 28. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. ta in.. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah ta zadachah. Pidruchnik z grifom MONU: – Kiїv: Centr uchbovoї literaturi, 2011, – 832 s.
 29. Bukhhalo, S. I. (2014). Dejaki aspekti ekologichnoї bezpeki polimernoї tari ta pakuvannja harchovoї promislivosti. Naukovi praci [Odes'koї nacional'noї akademii harchovih tehnologij], №45 (3), pp. 76–79.
 30. Bukhhalo S.I. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predpriyatij po pererobotke othodov / S.I. Bukhhalo, S.E. Garder, O.Ju. Himich i dr. // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. №10. pp. 7–78.
 31. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak komplekse innovacionnyh proektov / S.I. Bukhhalo, A. V. Serikov, O.I. Ol'hovskaja i dr.// Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012, № 10. pp. 160–166.
 32. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatijah po pererobotke othodov // Visnik KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. № 10. pp. 72–80.
 33. Bukhhalo S.I. Resursosberegajushhie tehnologii ispol'zovanija polimernyh othodov. Integrovani tehnologii ta energoberezhennja. Kharkiv. NTU «KhPI», 2001, № 2, pp. 106–112.
 34. Bukhhalo S.I., Iglin S.P. Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnih zmin pri ekspluatacii polimernih virobiv. Integrovani tehnologii ta energoberezhennja. Kh.: NTU «KhPI», 2016. № 3, pp. 52–57.
 35. Bukhhalo S.I. i dr. Matematicheskoe modelirovanie kak instrument modifikacii othodov polimerov. Visnik NTU «KhPI». 2010. Vip. 32, pp. 52–59.
 36. Bukhhalo S.I. K vo-prosu jenergosberezhenija processa aglomerirovanija polimernoї upakovki. Integrovani tehnologii ta energoberezhennja. Kh.: NTU «KhPI», 2005, № 2, pp. 29–33.
 37. Bukhhalo S.I. Udoskonaljvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014. № 16, pp. 3–11.
 38. Bukhhalo S.I. Sinergetichni procesi utilizacii-modifikacii polimernoї chastki TPV. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2017. – № 41 (1263), pp. 17–27.
 39. Bukhhalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Iglin S.P., Zipunnikov M.M. Mozhlivosti rozvitku kompetentnostej kompleksnih ekologichnobezpechnih proektiv utilizacii-modifikacii. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2018. № 18 (1294), pp. 3–11.
 40. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. Ob utilizacii polimernyh othodov kak komplekse innovacionnyh proektov. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. Vip.10. Pp. 160–166.
 41. Bukhhalo S.I., Ol'hovs'ka O.I., Iglin S.P., Zipunnikov, M.M. Mozhlivosti rozvitku kompetentnostej kompleksnih ekologichnobezpechnih proektiv utilizacii-modifikacii / S. I. Bukhhalo [ta in.] // Visnik Nacional'nogo tehnicnogo universitetu "KhPI". Ser. : Innovacijni doslidzhennja u naukovih robotah studentiv = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Innovation researches in students' scientific work : zb. nauk. pr. – Kh.: : «KhPI». NTU «KhPI», 2018. – № 18 (1294). – Pp. 3–9.

Надійшла (received) 20.09.2024

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Банк Ростислав Олександрович (Банк Ростислав Александрович, Bank Rostyslav Oleksandrovich) – кандидат юридичних наук, начальник відділу по роботі з місцевими громадами та органами влади АТ «Укргазвидобування»

e-mail: ecolog.2601@gmail.com

Німець Наталія Миколаївна (Немец Наталья Николаевна, Nimets Natalia Mikolaivna) – канд. техн. наук, менеджер зі сталого розвитку Акціонерного Товариства «Укргазвидобування», м. Київ, Україна;

e-mail: ecolog.2601@gmail.com

S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, K. H. HAVRYLIEVA, P. R. CHMYHUN

MEDIA STUDY, PROJECT MANAGEMENT AND FOREIGN LANGUAGES TEACHING INTEGRATING METHODS REVIEW

This study is dedicated to thoroughly exploring the intricacies of Media study and foreign languages teaching integrating methods review. Given the enormous technological advances and dynamic nature of media communications developments, understanding the intersection of information technology and this key sector is more important than ever. The study highlights the unique challenges and characteristics inherent to media. Delving deeper into the situation, the article sheds light on how Media study and language teaching integrating methods are adapting to address these specialized challenges. Through a combination of qualitative and quantitative methodologies, including case studies and data analysis, the study provides deep insights into best practices and emerging trends. Emphasis is also placed on future trajectories, highlighting growing innovations.

Key words: Media study, didactic materials, information and communication technologies innovative studies, project-oriented approach, innovative teaching approaches, pedagogy.

C. I. БУХКАЛО, А. О. АГЕЙЧЕВА, К. Г. ГАВРИЛЬЄВА, Ф. Р. ЧМИХУН

ОГЛЯД МЕТОДІВ ІНТЕГРАЦІЇ ВИВЧЕННЯ ЗАСОБІВ МАСОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ, УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ТА НАВЧАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ

Це дослідження присвячене ретельному вивченню тонкощів вивчення медіа та огляду інтегрованих методів викладання іноземних мов. Враховуючи величезний технологічний прогрес і динамічний характер розвитку медіа-комунікацій, розуміння перетину інформаційних технологій і цього ключового сектора є більш важливим, ніж будь-коли. Дослідження підкреслює унікальні проблеми та особливості, притаманні ЗМІ. Заглиблюючись у ситуацію, стаття проливає світло на те, як інтегровані методи вивчення медіа та викладання іноземних мов адаптуються до вирішення цих спеціалізованих завдань. Завдяки поєднанню якісних і кількісних методологій, включаючи тематичні дослідження та аналіз даних, дослідження дає глибоке розуміння найкращих практик і нових тенденцій. Акцент також робиться на майбутніх траєкторіях, підкреслюючи зростаючі інновації.

Ключові слова: Медіакомунікації, дидактичні матеріали, інноваційні дослідження інформаційно-комунікаційних технологій, проектно-орієнтований підхід, інноваційні підходи до навчання, педагогіка.

Introduction.

The current global landscape is characterized by continuous technological advances, complex socio-economic dynamics, and an ever-growing demand for innovative solutions. Within this complex framework, industries across all sectors are adapting to modern technologies and methodologies to remain competitive and respond to changing paradigms.

The need for an interdisciplinary approach that combines technological innovation with industry-specific requirements has never been more evident. This interrelationship forms is the key idea of this study, which focuses on the integration and evolution of information technology in the multifaceted field of foreign language teaching.

Media communication teaching is an important pillar of the global infrastructure, closely intertwined with various aspects of human civilization, including economics, geopolitics, and education. Recent decades have seen the widespread adoption of information technology.

The use of high-performance computing, data analytics, artificial intelligence, and other IT tools has enabled unprecedented efficiency and innovation.

Identification of previously unsettled parts of the general problem.

The study covers important areas where technology has made significant advances. In addition, the study examines the critical role that sound project management strategies play in ensuring that technological innovations

are aligned with industry goals, implemented effectively, and deliver tangible benefits.

The main purposes of this paper are:

providing a comprehensive study of the relationship between media study, information technology and foreign language teaching.

Considering ways to improve teaching skills and pedagogical approaches with the help of information and communication technologies.

The main part. Let's explain this provision. An analysis of the works in this area allows us to say that there are all the necessary conditions for formalizing the accumulated knowledge and experience in the field of media study. Media study studies a specific area of speech usage – the language of the mass media. As is known, the formation of any new scientific direction is associated with the development of basic discipline-forming components, such as:

- a theory that would be the starting point for all research in this area;
- a more or less stable internal structure;
- a methodology;
- a terminological apparatus.

Most researchers agree that the level of mass communication gives the concept of "text" new semantic shades due to the media properties of a particular mass medium.

© Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Havrylieva K.H., Chmyhun P.R., 2024

Thus, the text on television consists not only of verbal fabric, but consistently unfolds on several levels at once: verbal, video and sound, forming a single whole and acquiring volume and multi-layeredness.

Radio and press texts also tend to combine verbal text with certain media characteristics: music and sound effects, graphic design features, and newspaper or magazine text design.

The whole range of text processing methods is widely used to study the language of the media: from traditional methods of system and content analysis to logical, empirical, sociolinguistic and comparative-cultural description.

Mass media texts are studied using methods of cognitive linguistics, discourse analysis, critical linguistics, functional stylistics, pragmatics, rhetorical criticism. This is what determines the novelty of media linguistic methodology, which, based on the integration of existing methods, provides a systematic, comprehensive approach to the study of mass media texts.

The terminology of media study also combines terms from basic humanitarian disciplines - linguistics, sociology, psychology, journalism, cultural studies, etc. Project management is a constantly evolving field, for successful work in which it is necessary to use a combination of several approaches.

Project management methodology is a system of principles, techniques and procedures used by specialists working in this field. The most popular methods differ from each other not only in their structural organization, but also require the use of different deliverables, processes, and even the development of project management software.

For example, for the purpose of solving the project tasks: one of the most important problems in creating effective and productive drilling equipment is a qualified assessment of the quality level of existing and designed drilling rigs.

Existing methods for assessing the quality of drilling rigs are based on expert methods and do not include the assessment and analysis of the layout-kinematic perfection, energy saturation and rational use of drive power, determination of the productivity of the lowering-lifting complex of drilling rigs (energy consumption and machine time consumption during lowering-lifting operations) and the resource of the supporting elements of drilling equipment.

There are also no methods for assessing many ergonomic factors and labor costs of members of the drilling crew during the operation of the drilling rig and the impact on them of various means of mechanization (Table 1). When it comes to project management methodologies, there can be no universal approach. Each of the methodologies offers unique principles for managing a project from the initial stage to completion. First of all, you should pay attention to the size and style of the team. Here are a few more factors to consider when choosing. Scope.

This point is worth considering if you work in an industry in which something is constantly changing, which is relevant, for example, for technology companies. This affects the sequence of project implementation and, depending on this factor, you need to choose a flexible or rigid methodology.

Project priorities. Also consider the goals of your project. Do you value people more than efficiency? This will help you find a methodology with similar priorities.

Project complexity. Are your projects relatively simple or quite complex? Some methods, such as the critical path methodology, are not suitable for organizing work on complex tasks.

Role specialization. Consider how narrow the roles are on your team. Can different team members do the same type of work, or do you need a method that takes into account their specialization?

Organization size. The size of the organization and the team is critical when choosing a methodology.

Table 1 – Mining components hierarchy scientific research general characteristics selection

№	Research stages classification-identification by topic
1	Experimental and practical principles of selecting technological equipment: calculation and selection of basic technological equipment; purpose and completeness of equipment; description of the technical proposal and modernized design of safe activities.
2	The essence of the research and development work on improving the calculation method for assessing the productivity of the lowering and lifting complex of drilling rigs; assessing the perfection of the lifting complexes of drilling rigs with different drives based on the cost of machine time for lifting the drill string per well drilling cycle
3	Integrated safe operation of the installation based on calculations of operability and selection of components for installation and operation of innovative equipment
4	Research into modern successful practices in determining organizational and technical measures for the installation of a hoist system as a comprehensive integrated safe activity.
5	Modern experience in occupational safety during the installation and operation of the rig hoisting system equipment for the purpose of integrated safe operations.
6	Determining the choice of the specified components for improving complex "integrated" approaches to the innovative development of the industry
7	Conclusions based on the analysis of the results obtained, development prospects for synergistic safe activities.

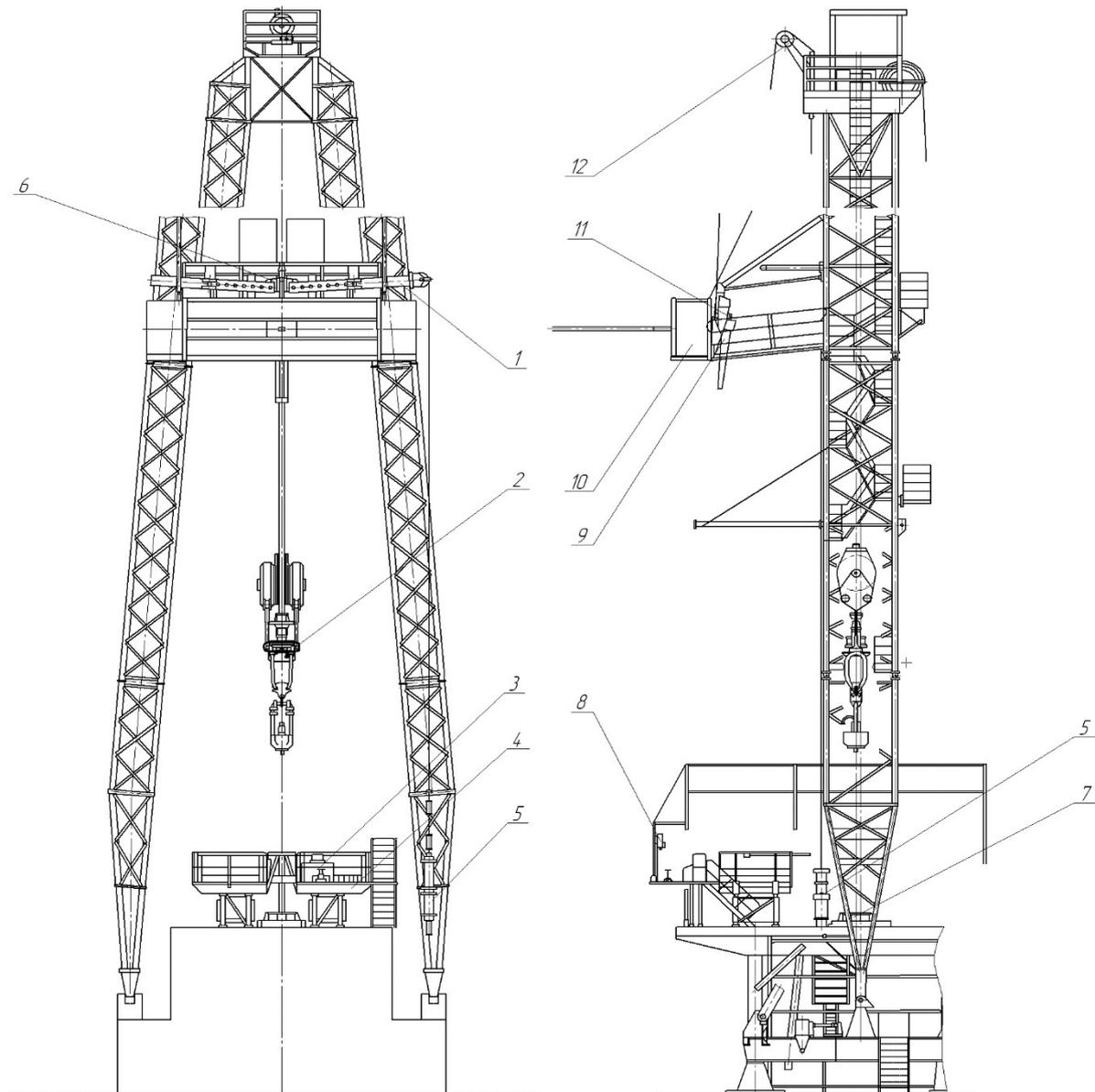


Fig. 1 – Well design:

1 – conductor; 2 – first intermediate string; 3 – second intermediate string; 4 – production string.

In order to teach English, just knowing the language is not enough. In addition to mastering pedagogical education, it is necessary to study modern trends, as well as learn new techniques and methods. In this case, your lessons will be interesting, diverse and productive.

Over the past decades, many innovative solutions have appeared on how to learn, taking into account the age, level, and personal characteristics of students. Communicative Language Teaching The approach that leads modern methods of teaching English.

It is considered the most effective, and all because it is aimed at:

- learning through communication and interaction in English;
- using authentic materials, audio/video, texts, in the lesson to recreate real conditions and achieve the effect of real communication;

- involving students in the learning process, as an important auxiliary resource.

In addition, the main principles of the communicative method are that the person who is learning the language is at the center of the learning process - learner-centered approach.

Effective communication is achieved through the acquisition of language fluency.

Learning a language in the classroom is based on the need to use the language outside the classroom.

Effective communication is ensured by using various language skills. Speaking practice involves the use of audiovisual aids, activities such as dialogues, role-playing, interviews, debates, problem solving and other exercises similar to real-world activities. New skills are developed through working in pairs, groups or individually.

The learning process is creative, encourages attempts and allows for mistakes - trial and error. The teacher plays the role of an organizer of the process and a guide who encourages and motivates students to express their thoughts and ideas.

Audio-Lingual Method Classes using this method are usually conducted in the target language, and priority is given to the development of listening and speaking skills. ALM consists of: the study of grammatical structures and patterns, listening and oral repetition techniques to achieve accuracy in speech reproduction, presentation of material through dialogues to memorize standard phrases and imitate facial expressions.

The main principles of the audio-lingual method of teaching English should also include: constant repetition of speech patterns to form new habits in students, attention is paid mainly to pronunciation and practice of oral speech skills, grammar is studied, that is, on the basis of general conclusions,

limited use of the native language, avoidance of errors, encouragement of correct answers.

Lexical Approach According to this approach, language consists of lexical units. That is why it consists of: studying a certain set of phrases, vocabulary and linguistic constructions, involving techniques that involve studying the text and identifying lexical units, selecting appropriate word combinations, repeating lexical units and singing, storytelling, role-playing games using fixed and partially fixed expressions, exercises with delexical verbs and exercises for forming agreements. And the main principles of the lexical approach include:

- the primacy of vocabulary acquisition, but not in isolation, but in context;
- the secondary importance of grammar, which is mastered through the study of linguistic constructions;
- adjusting the curriculum in accordance with the goals pursued by the teacher using this method.

Direct Method When using this method, only the target language should be used during teaching. This will encourage students to think and speak in English.

So, the direct method involves:

- oral presentation of new information or demonstration of exercises;
- learning to speak and perceive information by ear;
- producing correct pronunciation and correct grammatical structures;
- using techniques that include communication through questions and answers, reading aloud, writing and correcting one's own mistakes.

The main principles of the direct method, in turn, are aimed at oral interaction only in the target language and spontaneous use of speaking skills; inductive study of grammar - without analysis or translation of rules and structures; acquisition of only practical vocabulary using images or objects or ideas and associations.

Direct Method Test-teach-test / TTT

TTT is an approach to teaching English that is focused on the learning needs of students. It consists of three stages.

1. Test

Students complete a test task at the beginning of the lesson without the help of a teacher.

The main goal of this stage is to identify errors in the target language, as well as what students already know and why they should be taught, that is, to conduct an analysis of students' needs.

Examples of activities for the Test stage can be gap-filling exercises, exercises on choosing the correct form of the word.

2. Teach

After the test task and error analysis, the teacher conducts the teaching stage, taking into account the specific needs of the students.

The main goal is to close the gaps in learning and emphasize the correct use of the target language.

3. Test

At the last stage, we check how well the students have mastered the new information.

The main goal of the second "test" is to improve students' speaking skills and correct use of the target language.

Exercises to check understanding also appear here, but they should differ from the first test and be more complex.

Content and Language Integrated Learning This method of teaching English is combined and combines the study of a certain subject in the target language. That is, while studying the necessary discipline, students also study English.

The advantages of this method are the meaningful use of language, understanding of intercultural features and the development of skills necessary in real life.

And the principles of CLIL include:

immersion in the language being studied, performing activities related to the subject being studied,

practicing all four language skills.

Total Physical Response

Thanks to this method, students learn a language by repeating certain actions. The approach includes the use of facial expressions, gestures, and imitating speech units.

According to this approach, students learn better through physical exercises than by analyzing language patterns. The principles of learning using the TPR method include:

- practice repeating actions and forming skills according to the teacher's instructions,
- improving listening skills,
- observing, following, and studying instructions,
- learning new words while performing active exercises,
- developing focusing skills.

Task-based Language Teaching Approach

A teaching method that consists of completing tasks in the target language. Interestingly, the tasks are directly related to the interests and field of activity of students. The approach focuses on:

- the result after completing the task,
- the development of fluency and confidence during communication,
- techniques that include authentic language use, such as a telephone conversation, interviewing, ordering a product, discussing a film, and the like.

TBLT is divided into 3 phases: Pre-task phase, Doing of the task, Post-task phase, during which the following principles are adhered to:

- focus on communication, not structure,
- vocabulary and grammar are learned inductively and serve only as a means to achieve the final result,
- task completion in conditions close to real circumstances,
- the teacher's role is to guide students through instructions and feedback.

It is worth understanding that the ideal teaching formula is a synthesis of modern approaches and methods.

Each of the above-described techniques can be suitable for students of younger, teenage and adult age with the correct interpretation.

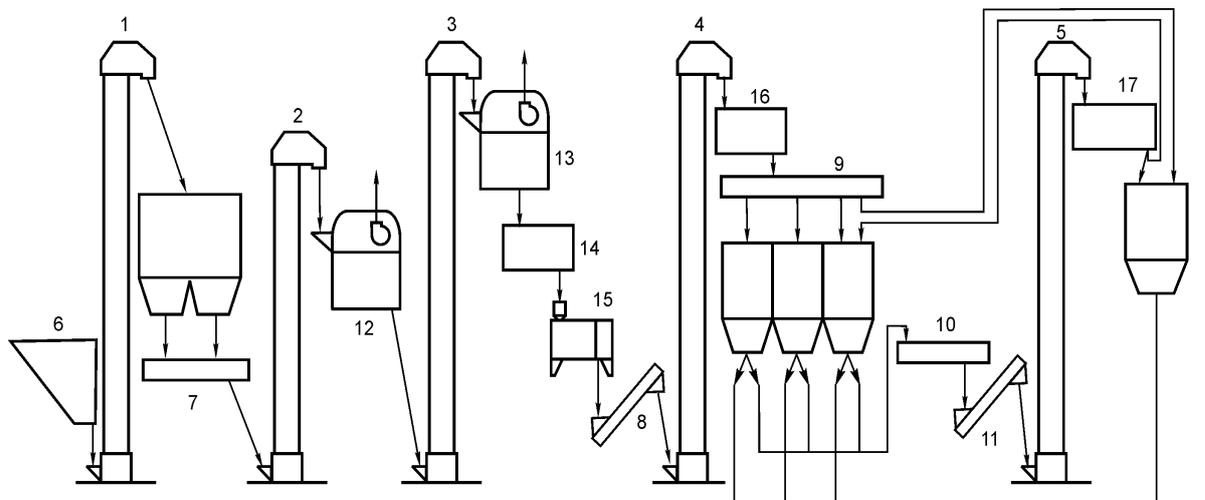


Figure 2. Technological scheme of the grain cleaning department:
1, 2, 3, 4, 5 – noria; 6 – receiving bunker; 7, 8, 9, 10, 11 – screw conveyor; 12, 13 – separator; 14 – trier; 15 – upholstery machine; 16, 17 – a moisturizing machine

Conclusions and ideas for further investigation

By shedding light on these complex interactions, the article contributes to a growing body of knowledge that highlights the transformative power of technology in traditional teaching methods [1–11]. It also offers insights, best practices, and potential paths for industry professionals, policymakers, academics, and other stakeholders who are grappling with the challenges and opportunities this intersection presents [1–30].

In conclusion, the study aims to provide a comprehensive view of the topic. This sets the stage for subsequent discussions, enriching the discourse on a topic of contemporary relevance and far-reaching implications [31–40]. For stakeholders ranging from industry professionals to researchers, this study serves as a comprehensive guide that addresses knowledge gaps and sets the tone for future academic and practical endeavors in the field of Media study and language teaching integrating methods review [19–40]. The presented possibilities of comprehensive innovative training of students can be applied to various branches of modern food technology, taking into account the development of the activities of the public organization "Ukrainian Association of Chemical and Food

Engineering" (representative at the department of ITPA of NTU "KhPI") – search and scientific substantiation of rational parameters of food (Figure. 1) [19–31] and chemical processes engineering (Figure. 2) [32–47].

Список літератури

1. Brandl, K. K. (2008). Communicative language teaching in action. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
2. Doughty, C. & Long, M. H. (2003). Optimal psycholinguistic environments for distance foreign language learning. *Language Learning & Technology*, 7(3), 50-80. Retrieved from <http://llt.msu.edu/vol7num3/doughty/>
3. Glisan, E.W., & Donato, R. (2017). Enacting the work of language instruction: High-leverage teaching practices. Washington, D.C.: ACTFL.
4. Gonzalez-Lloret, M. & Nielson, K. B. (2015). Evaluating TBLT: The case of a task-based Spanish program. *Language Teaching Research*, 19(5), 525–549.
5. Long, M. H. (2014). *Second language acquisition and Task-Based Language Teaching*. Malden, MA: Wiley-Blackwell
6. Norris, J. M. (2009). Task-based teaching and testing. In M. Long and C. Doughty (Eds.), *Handbook of language teaching* (pp. 578-594). Cambridge: Blackwell.

7. Al-Seghayer, K. (2024). Comparative efficacy of digital and nondigital texts on reading comprehension and EFL learners' perceptions of their merits. *Language Learning & Technology*, 28(1), 1–31. <https://hdl.handle.net/10125/73589>
8. Li, Qiuyu. "Australia Media Studies." In 2021 International Conference on Education, Language and Art (ICELA 2021). Paris, France: Atlantis Press, 2022. <http://dx.doi.org/10.2991/assehr.k.220131.058>. Binytska, K., Buchkivska, G., & Kokiel, A. (2020). Requirements for system of professional competencies of English teacher in EU countries. *Continuing Professional Education Theory and Practice (Series: Pedagogical Sciences)*, 2 (63), 85-90. DOI: 10.28925/1609-8595.2020.2.122.
9. TESOL International Association. Standards for the Recognition of Initial TESOL Program in P-12 ESL Teacher Education.
10. British Council. Vocabulary. Level Advanced. – URL: <https://learnenglish.britishcouncil.org/vocabulary>
11. English Language Teaching; Vol. 14, No. 11; 2021 ISSN 1916-4742 E-ISSN 1916-4750 Published by Canadian Center of Science and Education
12. Орлова Є.І., Лещенко В.О., Бухкало С.І. Приклади та задачі до курсу «Загальна технологія харчових виробництв» (н.-м. пос.), Х: НТУ «ХП», 2001. 140 с.
13. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с
14. Бухкало С.І., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2005. 460 с.
15. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2005. 496 с
16. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. Харчові технології у прикладах і задачах [текст] підручник К.: ЦНЛ, 2008. 600 с.
17. Бухкало С.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А. Технологічне обладнання харчової галузі (н пос.). УПА-2009, 185.
18. Бухкало С.І., Лазарев М.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А., Рубан Н.П., Новосельцев О.О. Процеси та апарати харчових виробництв (навч. пос). Х.: УПА-2009, 153 с.
19. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., Бухкало С.І., Зипунников М.М., Ольховська О.І. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К.: ЦНЛ, 2013. 352 с.
20. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] підр/ К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
21. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
22. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
23. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) / ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., Денисова А.Є., Демидов І.М., Капустенко П.О., Арсенєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 468 с.
24. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
25. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
26. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підручник з грифом. К: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
27. 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.
28. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 217.
29. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Х: НТУ «ХП», с. 249.
30. Zippunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. *French-Ukrainian Journal of Chemistry*. [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144>. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>).
31. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 6(11 (102)), 66–73. doi:<http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442>. <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/186442>).
32. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
33. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.:, 2014. № 16. С. 3–11.
34. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi: 10.20998/22204784.2019.21.13
35. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.
36. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
37. Бухкало С.І., Іглін С.П., Кравченко В.О., Копейченко Є.А., Назаренко М.В. Приклади та задачі комплексного викладання дисципліни харчова хімія. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 89–96.
38. Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.

39. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
40. Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В. Приклади комплексного викладання дисциплін – інноваційні ресторани технології, товарознавство та управління закупівлями. Вісник НТУ «ХП». 2023. №1(1365), с.12–23.
41. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.
42. Бухкало С.І. Комплексних інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування.. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
43. Бухкало С.І., Ігліт С.П., Кравченко В.О., Копейченко С.А., Назаренко М.В. Приклади та задачі комплексного викладання дисципліни харчова хімія. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 89–96.
44. Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
45. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
46. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
47. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». X.: НТУ «ХП». 2014, № 16, с. 3–11.
- K., Buchkivska, G., & Kokieli, A. (2020). Requirements for system of profession-al competencies of English teacher in EU countries. *Continuing Professional Education Theory and Practice (Series: Pedagogical Sciences)*, 2 (63), 85-90. DOI: 10.28925/1609-8595.2020.2.122.
9. TESOL International Association. Standards for the Recognition of Initial TESOL Program in P-12 ESL Teacher Education.
10. British Council. Vocabulary. Level Advanced. – URL: <https://learnenglish.britishcouncil.org/vocabulary>
11. *English Language Teaching*; Vol. 14, No. 11; 2021 ISSN 1916-4742 E-ISSN 1916-4750 Published by Canadian Center of Science and Education
12. Orlova Є.І., Leshhenko V.O., Bukhhalo S.I. *Prikladi ta zadachi do kursu «Zagal'na tehnologija harchovih virobnictv» (navch.-met. posibnik)*, Kharkiv: NTU «KhPI», 2001. 140 p.
13. Bukhhalo S.I. *Tehnologija osnovnih harchovih virobnictv u prikladah i zadachah (navch. posibnik)*. Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. 184 p
14. Bukhhalo S.I., Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P.A., Havin G.L. *Osnovnye tehnologii pishhevih proizvodstv i jenergosberezenie (navch. posibnik)*. Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 460 p.
15. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O., Orlova Є.І. *Zagal'na tehnologija harchovih virobnictv u prikladah i zadachah [tekst] pidr. K.: CNL, 2005. 496 p*
16. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O., Orlova Є.І. *Harchovi tehnologii u prikladah i zadachah [tekst] pidruchnik K.: CNL, 2008. 600 p*.
17. Bukhhalo S.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A. *Tehnologichne obladnannja harchovoi galuzi (navch. posibnik)*. Kh.: UIPA-2009, 185 p.
18. Bukhhalo S.I., Lazarev M.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A., Ruban N.P., Novosel'cev O.O. *Procesi ta aparati harchovih virobnictv (navch. posibnik)*. Kh.: UIPA-2009, 153 p.
19. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Zipunnikov M.M., Ol'hov's'ka O.I. ta in. *Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2013. 352 p*.
20. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. *Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah, pidr. K. CNL, 2011. 832 p*.
21. Bukhhalo S.I. *Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2014. 412 p*.
22. Bukhhalo S.I. *Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p*.
23. Bukhhalo S.I. *Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnjanskij L.L., Denisova A.E., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoi literaturi»: 2016, 468 p*.
24. Bukhhalo S.I. *Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoi literaturi»: 2018, 108 p*.
25. Bukhhalo S.I. *Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoi literaturi»: 2019, 108 p*.
26. Bukhhalo S.I. *Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii*

References (transliterated)

1. Brandl, K. K. (2008). *Communicative language teaching in action*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
2. Doughty, C. & Long, M. H. (2003). Optimal psycholinguistic environments for distance foreign language learning. *Language Learning & Technology*, 7(3), 50-80. Retrieved from <http://lt.msu.edu/vol7num3/doughty/>
3. Glisan, E.W., & Donato, R. (2017). *Enacting the work of language instruction: High-leverage teaching practices*. Washington, D.C.: ACTFL.
4. Gonzalez-Lloret, M. & Nielson, K. B. (2015). Evaluating TBLT: The case of a task-based Spanish program. *Language Teaching Research*, 19(5), 525–549.
5. Long, M. H. (2014). *Second language acquisition and Task-Based Language Teaching*. Malden, MA: Wiley-Blackwell
6. Norris, J. M. (2009). Task-based teaching and testing. In M. Long and C. Doughty (Eds.), *Handbook of language teaching* (pp. 578-594). Cambridge: Blackwell.
7. Al-Seghayer, K. (2024). Comparative efficacy of digital and nondigital texts on reading comprehension and EFL learners' perceptions of their merits. *Language Learning & Technology*, 28(1), 1–31. <https://hdl.handle.net/10125/73589>
8. Li, Qiuyu. "Australia Media Studies." In 2021 International Conference on Education, Language and Art (ICELA 2021). Paris, France: Atlantis Press, 2022. <http://dx.doi.org/10.2991/assehr.k.220131.058>. Binytska,

- переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. dop. Ch. 3. Pidruchnik z grifom. K: «CNL»: 2022, 108 p.
27. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.I. H.:NTU «KhPI». 208 p.
 28. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
 29. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonomirnostej roboti obladannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja Ch. II/za red. prof. Sokola Є.I. – Kh: NTU «KhPI», p. 249.
 30. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138–144, dec. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144>. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
 31. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. doi:<http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442>. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
 32. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaves and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
 33. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2014. № 16. S. 3–11.
 34. Bukhhalo S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologii modifikovanih krohmali. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13
 35. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. Visnik NTU «KhPI». 2015. № 7 (1116), pp. 103–108.
 36. Bukhhalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vkladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja –modeli programuvannja.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
 37. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Kravchenko V.O., Kopejchenko Є.A, Nazarenko M.V. Prikladi ta zadachi kompleksnogo vkladannja disciplini harchova himija. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 89–96.
 38. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vkladannja disciplini osnovi proektuvannja obladannja himichnih virobniactv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 13-22.
 39. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoi masi na ii vlastivosti ta konkurentospromozhnist' dlja riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.
 40. Bukhhalo S.I., N.V. Jakimenko-Tereshhenko. Prikladi kompleksnogo vkladannja disciplin – innovacijni restoranni tehnologii, tovaroznavstvo ta upravlinnja zakupivljami. Visnik NTU «KhPI». 2023. № 1(1365), pp. 12–23.
 41. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. Visnik NTU «KhPI». 2015. № 7 (1116), pp. 103–108.
 42. Bukhhalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vkladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja –modeli programuvannja.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
 43. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Kravchenko V.O., Kopejchenko Є.A, Nazarenko M.V. Prikladi ta zadachi kompleksnogo vkladannja disciplini harchova himija. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 89–96.
 44. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vkladannja disciplini osnovi proektuvannja obladannja himichnih virobniactv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 13-22.
 45. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoi masi na ii vlastivosti ta konkurentospromozhnist' dlja riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.
 46. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, h. 201.
 47. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». H.: NTU «KhPI». 2014, № 16, s. 3–11.

Надійшла (received) 19.09.2024

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

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

Агейчева Анна Олександрівна (Ageicheva Anna Aleksandrovna, Ageicheva Anna Oleksandrivna) – кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету філології, психології та педагогіки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2184-8820>; e-mail: ageicheva@ukr.net

Гаврильєва Ксенія Григоріївна (Havrylieva Ksenia Hryhoriivna) – доцент кафедри загального мовознавства та іноземних мов, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3055-3496> e-mail: ageicheva@ukr.net

Чмихун Філіпп Романович (Chmyhun Philipp Romanovych) – викладач Полтавського фахового коледжу нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9472-4200> e-mail: chmyhunph@ukr.net

П. А. КОЗУБ, Н. ЇЛМАЗ, С. М. КОЗУБ, Ж. В. ДЕЙНЕКО, С. О. ВАМБОЛЬ

ВИКОРИСТАННЯ ВЕКТОРНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРИКЛАДІ ЧОРНОГО ПОРОХУ

В роботі на прикладі чорного пороху продемонстровані можливості векторного підходу для розрахунку стехіометричних коефіцієнтів хімічних рівнянь. Запропоновано підхід для вибору та обмежень проміжних взаємодій між реагентами, та визначення кінцевих продуктів. Показано, що навіть невелика кількість компонентів можуть призводити до великої кількості кінцевих та проміжних продуктів. За допомогою реальних розрахунків показано зв'язок кількості можливих хімічних рівнянь з кількістю реагентів. Запропоновано методику для розрахунку всіх можливих хімічних рівнянь у реакційній системі для довільного співвідношення компонентів, що дозволяє отримати всі можливі хімічні реакції, та методику розрахунків хімічного складу для фіксованого набору реагентів, що дозволяє оцінити набір продуктів можливих хімічних взаємодій для заданого початкового складу.

Ключові слова: хімічне рівняння, реакційна система, векторний підхід, балансування, стехіометричні розрахунки

Балансування хімічних реакцій є однією із фундаментальних складових сучасної хімії без чого неможливо проведення будь-яких технологічних розрахунків пов'язаних з хімічними процесами. І хоча цій задачі вже більше 150 років, до сих пір запропоновані методи пошуку не відповідають вимогам наукової та технічної практики. Сучасні методи або занадто прості для розв'язання складних рівнянь, або занадто складні для реалізації на практиці [1, 2].

Принциповою відмінністю векторного підходу для розрахунку матеріального балансу складних хімічних процесів є можливість обчислення повного набору лінійно незалежних реакцій між реагентами та продуктами з будь якою кількістю реагентів та без обмежень на наявність реагентів та реагентів однакового складу [3–5].

Демонстрація можливостей цього підходу може бути проведена для різних реакційних систем, але дуже показовою є реакційна система яка утворюється при горінні димного пороху, який складається з всього трьох компонентів — приблизно 75% калієвої селітри, 15% вугілля, 10% сірки [6].

Такий склад вважається традиційними, але існує багато варіацій чорного пороху які відрізняються співвідношенням компонентів (іноді до 5%), а також наявністю в них додаткових компонентів та речовин [7, 8].

В залежності від виду вуглецевої частини отримують чорний порох (чистий вуглець), бурий порох (з бурого вугілля) або шоколадний порох (з кам'яновугільної смоли). Додавання до пороху водневої складової підвищує потужність пороху, тому він використовується у артилерії.

Теоретично можливо повністю замінити сірку на органічні речовини (наприклад калієва селітра та цукор (75% калійної селітри, 25%... цукру). Можна також повністю замінити вуглець на іншу карбон вмісну речовину – карбонат калію (55% селітри, 18% сірки і 27% карбонату калію). Для підвищення енергії горіння до димного пороху іноді додають алюміній.

Але в будь якому разі вихідна суміш повинна містити окислювач (нітрат калію), та відновника (сірка, карбон, органічні речовини).

Таким чином, реальна реакційна суміш для димного пороху може мати не три компоненти, а значно більше:

KNO_3 – окисник, є постачальником кисню. Іноді використовується з додаванням інших нітратів – NH_4NO_3 , NaNO_3 , CaNO_3 , BaNO_3 , які впливають на швидкість горіння.

C – відновник, утворює вибухові гази. При достатній кількості кисню до CO_2 , при недостатці до CO .

S – відновник, необхідний для зв'язування калію у вигляді K_2S або при надлишку кисню у вигляді K_2SO_4 .

H_2O – може з'являється при зберіганні (обводнення) або спеціально додаватись для зменшення швидкості горіння, чи бути частиною інших нітратів.

SnHmO – органічні речовини такі як смоли, парафіни, воски, цукор, деревинна пудра можуть додаватись як для модифікації процесу горіння так і для модифікації фізичних властивостей (зменшення злежуваності, гігроскопічності, гранулювання тощо).

Al – використовується в основному для підвищення температури горіння.

При традиційному складі димного пороху вважається що основними продуктами горіння є всього три речовини:

CO_2 – вуглекислий газ,

N_2 – азот та

K_2S – сульфід калію.

Але логічно припустити, що в реальності при різних додаванні сполук, що містять Гідроген (органічні сполуки, нітрат амонію, гідрати нітратів) в результаті хімічних реакцій утворюється вода.

© Козуб П.А., Їлмаз Н, Козуб С.М., Дейнеко Ж.В. Вамболь С.О., 2024

В результаті неповного горіння вуглецевих сполук утворюється CO, а при недостатній кількості іонів калію можуть утворюватися карбонати, сульфати та сульфіти.

Це підтверджується експериментальними дослідженнями продуктів горіння димного порошу, але досі майже не існує у вигляді переліку можливих хімічних взаємодій, оскільки їх розрахунки традиційними методами майже неможливі.

Визначення реагентів та взаємодій у реакційній системі

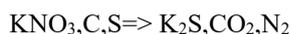
Головною перевагою векторного підходу є те що він дозволяє отримати ВСІ можливі лінійно НЕЗАЛЕЖНІ хімічні рівняння (комбінації реагентів зі сталою кількістю атомів для початкового та кінцевого стану) для системи з будь-якою кількістю реагентів.

Кількість таких рівнянь зростає приблизно в геометричній прогресії від кількості реагентів, що беруть участь у реакції і теоретично може бути оцінена математичними методами, але на практиці їх кількість значно менша за рахунок обмежень хімічного характеру.

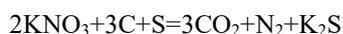
Наприклад, реальна хімічна реакція зазвичай є обмеженою за кількістю реагентів, в продуктах дуже рідко зустрічаються одночасно відновники та окиснювачі, реагенти та продукти не повинні бути з однаковим складом (але це можуть бути ізомери або речовини у різному агрегатному стані).

Саме тому найбільш ефективним методом дослідження складної реакційної системи є поступове збільшення її складності.

Для димного порошу в якості початкової точки доцільно взяти традиційний склад вихідних реагентів, який буде забезпечувати отримання тільки основних продуктів



Такий склад може бути забезпечено тільки при одному співвідношенні вихідних реагентів



Вкрай важливим для практичного використання димного порошу є кількість газів, яка утворюється при хімічній взаємодії, яка становить для цього складу вихідної речовини $\Delta V_M = 89.6$ л/моль реакційної суміші або $\Delta V = 332$ см³/г вихідних продуктів.

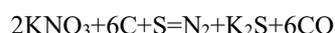
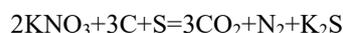
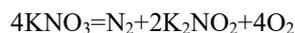
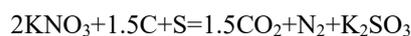
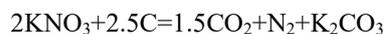
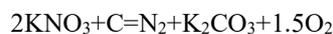
При поганому змішуванні компонентів (велика зернистість, погане перемішування реагентів) можливі реакції за участю лише двох компонентів. Також такі взаємодії можливі при відхиленні співвідношення вихідних реагентів від стехіометричних значень, тому кількість газів згорання насправді може відрізнитись від розрахункових значень. Це буде визначатись реакціями неповного горіння, а також взаємодії проміжних реагентів з вихідними реагентами

(реагентами) та кінцевими реагентами (продуктами).

При недостатці KNO₃ буде неповне окиснення С і може утворюватись CO. При недостатці S буде утворюватись K₂CO₃. При недостатці С будуть утворюватись K₂SO₄ та K₂SO₃. При недостатці і С і S буде утворюватись NaNO₂ та O₂.



Таким чином в результаті горіння порошу стехіометрично можливі принаймні ще 15 хімічних реакцій. Але частину з них можна виключити у зв'язку з фактичною несумісністю продуктів реакції (O₂ та K₂SO₃, S та O₂, CO та O₂, ...), в результаті чого залишаються лише 12 реакцій.



При підвищенні температури проміжні продукти взаємодіють між собою та з вихідними продуктами. При температурі вище 400 °C утворюється нітрит калію (KNO₂). При температурі вище 440 °C утворюється оксид натрію (K₂O).

Вище температури 500 °C сульфід калію реагує з киснем утворюючи сульфат (K₂SO₄). Вище 900 °C сульфат реагує з С утворюючи сульфід та CO. Вище 600 °C сульфід диспропорціонує на сульфід та сульфат.

Вище температури 300 °C сірка реагує з окисеном утворюючи SO₂. Вище 400 °C діоксид сірки реагує з киснем утворюючи SO₃. Вище 400 °C діоксид сірки реагує з вуглецем утворюючи S та CO₂.

Для такої складної реакційної системи існує 198 хімічних реакцій, але її можна скоротити, залишивши в якості кінцевих продуктів лише 5 речовин



Додавання органічних речовин призводить до їх розкладання з утворенням водню, води, карбону. При температурі 250 °С органічні речовини розкладаються з виділенням Н₂.

При температурі 300 °С починають утворюватися ароматичні речовини з загальною брутто-формулою (СН)_n.

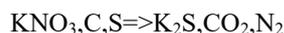
При температурі 400 °С починає утворюватися чистий вуглець С. При 400 °С водень та органічні сполуки реагують з киснем з утворенням Н₂О. При наявності в суміші води, як за рахунок розкладання органічних речовин, так і за рахунок її вологості) утворюються оксиди азоту, гідроксид натрію, сірчана кислота.

Вище температури 100 °С нітрид натрію при взаємодії з Н₂О розкладається до NO₂, NO та К₂О. К₂О зразу ж реагує з SO₂, SO₃ та CO₂ утворюючи К₂SO₃, К₂SO₄, К₂CO₃. К₂CO₃ при наявності оксидів сірки реагує з ними утворюючи К₂SO₃ та К₂SO₄. У свою чергу К₂SO₃ при наявності кисню або SO₃ переходить у К₂SO₄. Додавання алюмінію та заліза призводить до утворення їх оксидів.

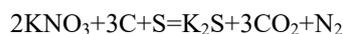
Таким чином реальний процес горіння чорного пороху є значно складнішим ніж одна окрема реакція, що потребує спеціального підходу та методики розрахунків.

Розрахунок реакцій для довільного складу компонентів

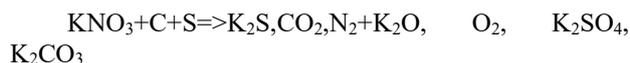
Традиційний рецепт димного пороху складається з трьох реагентів і передбачає утворення трьох основних продуктів



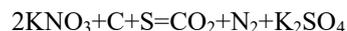
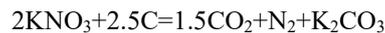
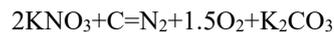
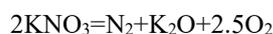
Для такого складу компонентів реакційної суміші може існувати лише одна реакція



Але якщо додати інші можливі продукти, які виникають при відхиленні від цього складу і є термінальними (кінцевими) для максимальних температур, то така система збільшується на ще як мінімум 4 речовини:



В результаті отримуємо 5 додаткових реакцій, які визначають суміші з надлишком відносно традиційного складу окремих компонентів

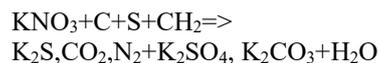


Слід зауважити що це виключний перелік хімічних рівнянь між цими компонентами.

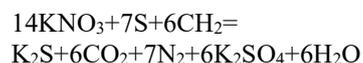
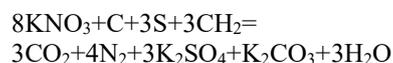
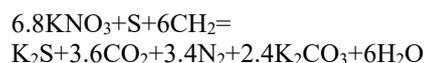
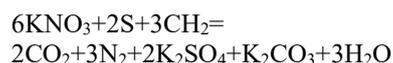
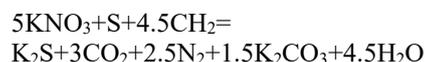
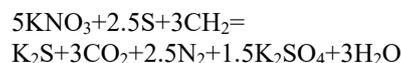
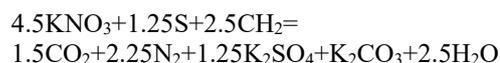
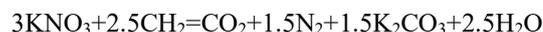
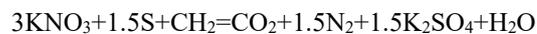
Оскільки оксид калію не може вільно існувати в середовищі з наявністю інших кислотоутворюючих компонентів, то його можна вилучити з розгляду кінцевих продуктів, також як і кисень, який може існувати лише при розкладанні чистого нітрату калію. Таким чином отримуємо лише 3 реакції, які призводять до повної витрати вихідних реагентів. Усі інші співвідношення будуть містити проміжні продукти.

Це не означає, що такі реакції неможливі, або не відбуваються на практиці, але кількість проміжних продуктів повинна зменшуватись у часі на відміну від термінальних продуктів.

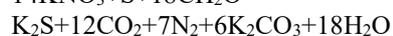
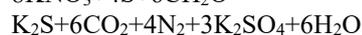
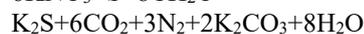
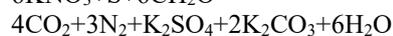
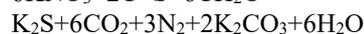
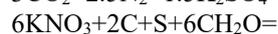
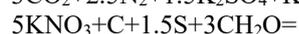
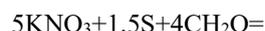
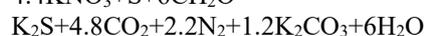
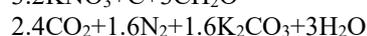
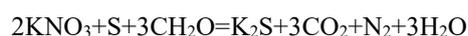
При додаванні до реакційної суміші парафінів, жирів, восків (в реакції як СН₂) з'являється ще один кінцевий продукт Н₂О.



В результаті отримуємо додаткові реакції:



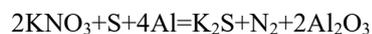
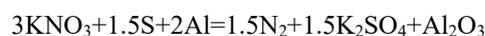
При додаванні до реакційної суміші вуглеводів (загальною формулою CH_2O) отримуємо подібний набір можливих реакцій але з іншим складом продуктів реакції



Для збільшення потужності чорного пороху іноді додають алюміній, після чого в реакційній суміші утворюється лише один новий продукт Al_2O_3



Оскільки він як і сірка та вуглець є відновником, тому кількість нових реакцій зростає лише на 3



Таким чином, хоча при відхиленні від традиційного складу чорного пороху у кінцевій реакційній суміші можливо утворення великої кількості проміжних продуктів, ввівши обмеження на наявність лише стабільних продуктів можна значно скоротити кількість можливих хімічних взаємодій між реагентами.

Для розрахунку рівнянь з проміжними продуктами достатньо лише додати їх у перелік реактантів та продуктів, але при цьому кількість можливих реакцій зростає до декількох сотень.

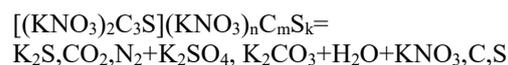
Розрахунок реакцій для фіксованого складу компонентів

Наведені розрахунки можуть становити цікавість для теоретичних досліджень, але для практичного використання більш корисними є розрахунки складу реакційної суміші для певного співвідношення між компонентами у вихідній суміші, або, розрахунки співвідношень вихідних компонентів для забезпечення певного складу реакційної суміші.

Принциповим положенням векторного підходу є те що, при фіксованому співвідношенні між реагентами можливо лише кінцева кількість реакцій, які будуть забезпечувати матеріальний баланс між вихідними реагентами та продуктами хімічної взаємодії. Ця кількість є вичерпною і може взагалі не існувати.

Але якщо додати до продуктів взаємодії вихідні продукти, то буде існувати хоча б одне співвідношення між продуктами, яке буде забезпечувати матеріальний баланс хімічного перетворення.

Для цього в якості кінцевих продуктів доцільно записати початкові реагенти, а склад пороху у вигляді складної речовини із сталим складом

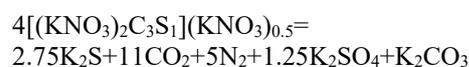


де $[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}]$ – класичний склад димного пороху;

n, m, k – відхилення кількостей окремих компонентів.

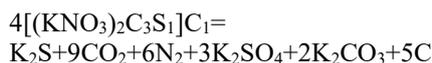
Такий підхід дозволяє дослідити вплив надлишків кожного з реагентів на склад продуктів горіння суміші реагентів. Це в свою чергу дозволяє розрахувати об'єми утворених газів для кожної з реакцій в перерахунку на масу початкової реакційної суміші ($\text{cm}^3/\text{г}$)

Так при надлишку KNO_3 у 0.5 моль $([(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}](\text{KNO}_3)_{0.5})$ можна отримати наступні співвідношення реагентів



$$(\Delta V = 280 \text{ cm}^3/\text{г})$$

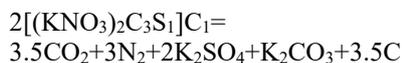
$12[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1](\text{KNO}_3)_{0.5} =$ $22\text{CO}_2 + 15\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 14\text{K}_2\text{CO}_3 + 11\text{S}$ <p>($\Delta V = 215 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	$1.33[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{S}_2 = \text{K}_2\text{S} + 4\text{CO}_2 + 2\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{S}$ <p>($\Delta V = 317 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
$4[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1](\text{KNO}_3)_{0.5} =$ $5.5\text{CO}_2 + 5\text{N}_2 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 + 5.5\text{C}$ <p>($\Delta V = 183 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	$2[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{S}_1 = 4\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{S}$ <p>($\Delta V = 260 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
<p>Для надлишку 1 моль</p> $2.67[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1](\text{KNO}_3)_1 =$ $\text{K}_2\text{S} + 6.67\text{CO}_2 + 4\text{N}_2 + 1.67\text{K}_2\text{SO}_4 + 1.33\text{K}_2\text{CO}_3$ <p>($\Delta V = 241 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	$2[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{S}_1 = 3\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{C} + \text{S}$ <p>($\Delta V = 223 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
$2[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1](\text{KNO}_3)_1 =$ $4\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{S}$ <p>($\Delta V = 211 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	$2[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{S}_2 = 4\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 5\text{S}$ <p>($\Delta V = 235 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
$2[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1](\text{KNO}_3)_1 =$ $3.5\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 + 1.5\text{C}$ <p>($\Delta V = 196 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	$[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{S}_2 =$ $1.5\text{CO}_2 + 1.5\text{N}_2 + 1.5\text{K}_2\text{SO}_4 + 1.5\text{C} + 1.5\text{S}$ <p>($\Delta V = 201 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
$2.5[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1](\text{KNO}_3)_2 =$ $5.5\text{CO}_2 + 4.5\text{N}_2 + 2.5\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{KNO}_3$ <p>($\Delta V = 190 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	<p>При додаванні надлишкового карбону він також залишається невикористаним, або призводить до появи невикористаної сірки</p> $2.67[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{C}_{0.5} =$ $1.67\text{K}_2\text{S} + 8\text{CO}_2 + 4\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 1.33\text{K}_2\text{CO}_3$ <p>($\Delta V = 365 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
$1.25[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1](\text{KNO}_3)_4 =$ $2.75\text{CO}_2 + 2.25\text{N}_2 + 1.25\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{KNO}_3$ <p>($\Delta V = 133 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	$6[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{C}_{0.5} =$ $13\text{CO}_2 + 9\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{K}_2\text{CO}_3 + 5\text{S}$ <p>($\Delta V = 298 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
<p>Аналогічні розрахунки можна провести для надлишкових кількостей сірки.</p> <p>При надлишку сірки у 0.5 моль від традиційного складу існують можливості повного її використання</p> $1.33[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{S}_{0.5} = \text{K}_2\text{S} + 4\text{CO}_2 + 2\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4$ <p>($\Delta V = 353 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	$2[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{C}_{0.5} =$ $3.5\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 + 2.5\text{C}$ <p>($\Delta V = 264 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
$2[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{S}_{0.5} =$ $4\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{S}$ <p>($\Delta V = 282 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	<p>Підвищення надлишку призводить до збільшення можливих хімічних реакцій</p> $8[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{C}_1 =$ $7\text{K}_2\text{S} + 28\text{CO}_2 + 12\text{N}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{K}_2\text{CO}_3$ <p>($\Delta V = 397 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
$[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{S}_{0.5} = 1.5\text{CO}_2 + 1.5\text{N}_2 + 1.5\text{K}_2\text{SO}_4 + 1.5\text{C}$ <p>($\Delta V = 188 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>	$12[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{C}_1 =$ $10\text{K}_2\text{S} + 41\text{CO}_2 + 18\text{N}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 6\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{C}$ <p>($\Delta V = 391 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>
<p>Але при збільшенні її надлишку до 1 моль, стехіометрично можливих реакцій з повним використанням сірки не існує</p> $2[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{S}_1 =$ $1.5\text{K}_2\text{S} + 6\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 1.5\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{S}$	$2[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]\text{C}_1 = \text{K}_2\text{S} + 6\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{S}$ <p>($\Delta V = 357 \text{ см}_3/\text{г}$)</p>



$$(\Delta V=298 \text{ см}_3/\text{г})$$

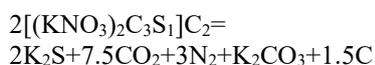


$$(\Delta V=298 \text{ см}_3/\text{г})$$

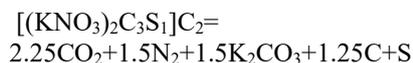


$$(\Delta V=258 \text{ см}_3/\text{г})$$

Але подальше збільшення надлишку знов зменшує їх



$$(\Delta V=417 \text{ см}_3/\text{г})$$

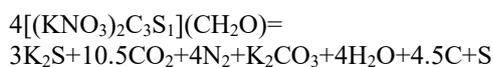
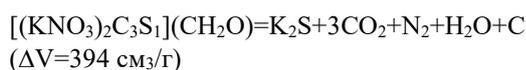


$$(\Delta V=286 \text{ см}_3/\text{г})$$

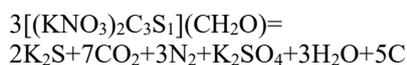


$$(\Delta V=248 \text{ см}_3/\text{г})$$

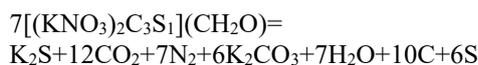
При додаванні до традиційного складу вуглеводів (наприклад цукру) бачимо, що його надлишок призводить до не повного витрачання початкових реагентів, але це може бути як карбон, так і сірка, або обидва реагенти разом.



$$(\Delta V=365 \text{ см}_3/\text{г})$$



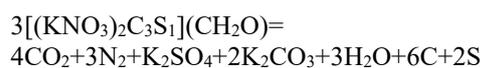
$$(\Delta V=342 \text{ см}_3/\text{г})$$



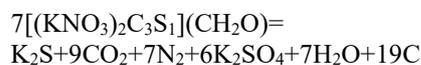
$$(\Delta V=293 \text{ см}_3/\text{г})$$



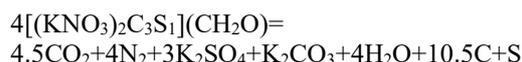
$$(\Delta V=276 \text{ см}_3/\text{г})$$



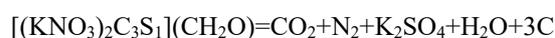
$$(\Delta V=263 \text{ см}_3/\text{г})$$



$$(\Delta V=259 \text{ см}_3/\text{г})$$



$$(\Delta V=246 \text{ см}_3/\text{г})$$



$$(\Delta V=237 \text{ см}_3/\text{г})$$

Аналіз наведених реакцій вказує на декілька важливих моментів. По-перше кожен із можливих складів вихідних реагентів призводить до декількох хімічних реакцій. По-друге, вони мають різну питому кількість газових продуктів (ΔV). По-третє ця кількість для більшості реакцій менша ніж кількість для традиційного складу, хоча і існують реакції які призводять до більшої кількості газоподібних продуктів.

Також з аналізу реакцій випливає, що при наявності в продуктах реакції сульфиду калію, кількість газів зростає, а наявність в продуктах реакцій сірки призводить до більшої питомої кількості газів ніж при наявності карбону.

Це в свою чергу означає, що за початковим складом реакційної суміші неможна прогнозувати кінцевий склад продуктів реакції, оскільки вони утворюються одночасно в різних реакціях і їх співвідношення визначається температурою, тиском, часом.

Розрахунок реакцій для дробового складу компонентів

Для практичних розрахунків більш зручним є використання початкового складу з дробовими коефіцієнтами, в результаті чого можна розрахувати всі можливі реакції та всі можливі комбінації продуктів для заданого початкового складу, у припущенні що утворюються лише стабільні продукти реакції.

Кількості реакцій можна швидко розрахувати через ваговий склад порошу та молярні маси реагентів

$$x=2.7*w(\text{KNO}_3)/101$$

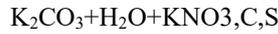
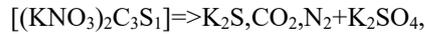
$$y=2.7*w(\text{C})/12$$

$$z=2.7*w(\text{S})/32$$

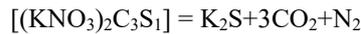
де $w(X)$ – вагова доля речовини X у суміші, %;

Для класичного рецепту - 75% KNO_3 , 15% C , 10% S отримуємо $[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_3\text{S}_1]$

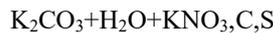
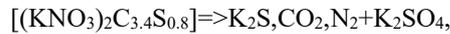
І згідно зі схемою перетворень



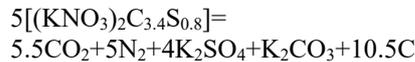
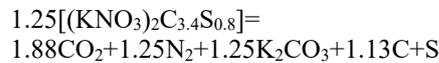
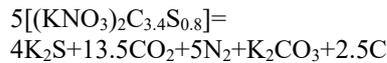
отримуємо всього лише одне можливе хімічне рівняння



Для традиційного складу 75% KNO_3 , 15% C , 10% S отримуємо $[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_{3.4}\text{S}_{0.8}]$, що не зовсім відповідає теоретичному співвідношенню компонентів



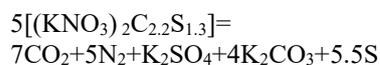
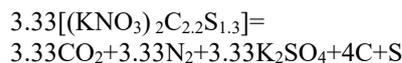
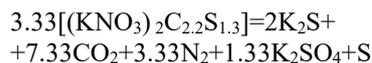
В результаті маємо вже три можливих хімічних рівняння з додатковими продуктами



При надлишку сірки в складі порошу 75% KNO_3 , 10% C , 15% S отримуємо вихідну суміш із складом $[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_{2.2}\text{S}_{1.3}]$, яка ще більше відрізняється від класичного складу

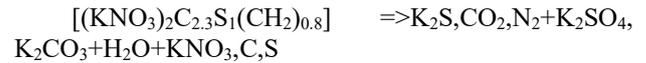


і призводить до наявності також трьох хімічних рівнянь

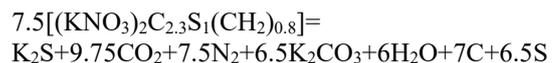
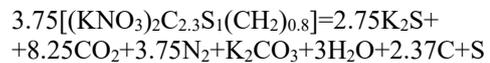
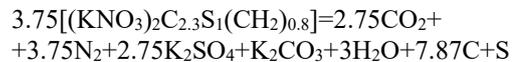
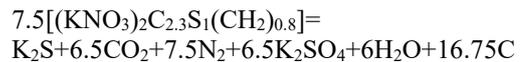
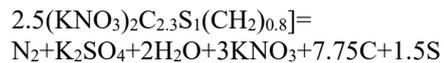
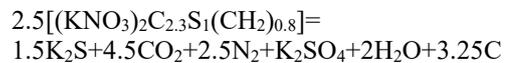
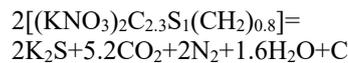
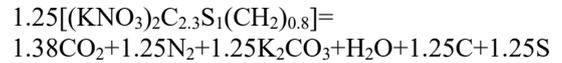


Додавання вуглеводнів (парафін, мастило, жир) додає у систему атоми водню. І для складу 75%

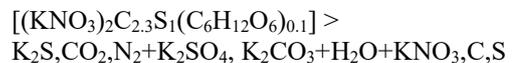
KNO_3 , 10% C , 15% S , 4% парафін маємо хімічний склад $[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_{2.3}\text{S}_1(\text{CH}_2)_{0.8}]$,



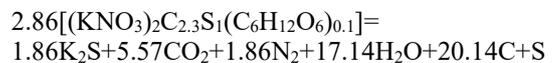
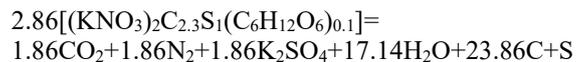
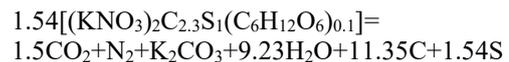
що вказує на можливість протікання значно більшої кількості реакцій

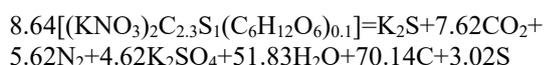
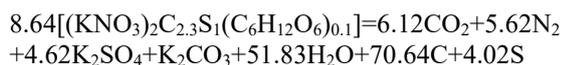
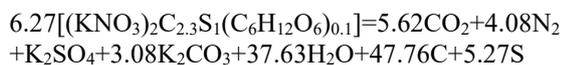
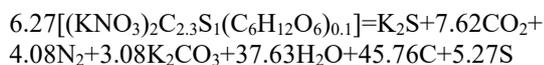
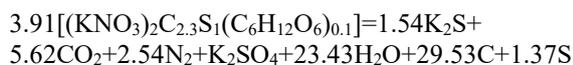
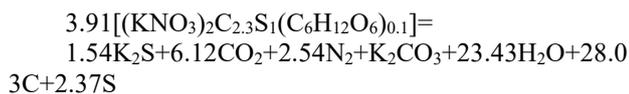


Додавання цукру або целюлози замість парафіну (75% KNO_3 , 10% C , 15% S , 4% цукор) дає хімічний склад $[(\text{KNO}_3)_2\text{C}_{2.3}\text{S}_1(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_{0.1}]$

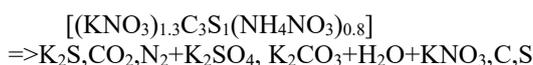


що дає подібний набір хімічних рівнянь, але з дещо іншими коефіцієнтами

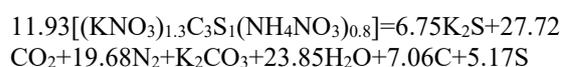
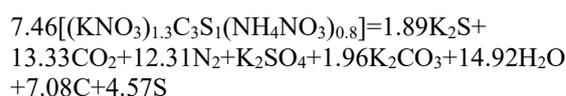
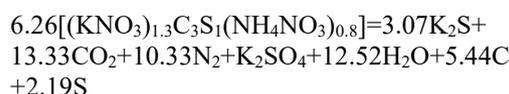
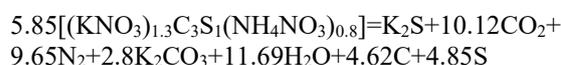
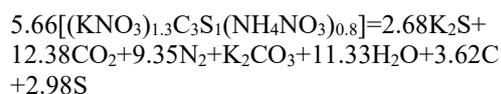
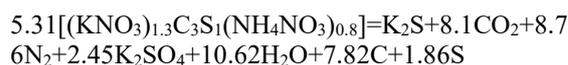
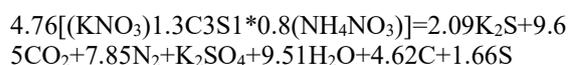
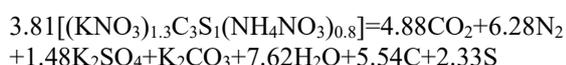
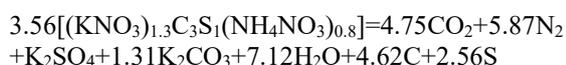
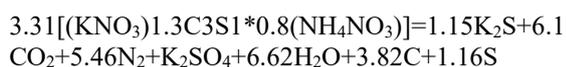
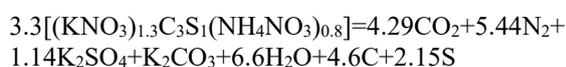
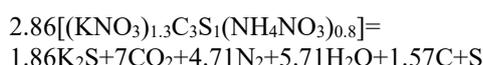
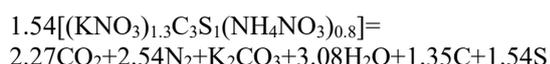




Подібним чином можна розрахувати склад кінцевих продуктів при заміні частини калієвої селітри на амонійну (50% KNO_3 , 10% C , 15% S , 25% NH_4NO_3). Для цього співвідношення компонентів склад може бути записаний як $[(\text{KNO}_3)_{1.3}\text{C}_3\text{S}_1(\text{NH}_4\text{NO}_3)_{0.8}]$, що відповідає схемі перетворень



Формальна кількість можливих реакцій в цій системі значно більша (42), але враховуючі обмеження на склад продуктів та кількість реагентів для аналізу хімізму та практичних розрахунків можна обмежитись меншою кількістю



Причому аналіз цієї системи рівнянь вказує на те що всі вони мають залишкові кількості невикористаних вуглецю та сірки, тобто навіть теоретично для цього складу не може бути забезпечено повне згоряння реагентів, тобто такий склад не є оптимальним.

Висновки

Таким чином, на основі достатньо простої реакційної системи показано можливості векторного підходу до аналізу хімічних взаємодій.

Показано, що навіть невелика кількість компонентів можуть призводити до великої кількості кінцевих та проміжних продуктів.

За допомогою реальних розрахунків показано зв'язок кількості можливих хімічних рівнянь з кількістю реагентів.

Дана проста але ефективна методика для розрахунку всіх можливих хімічних рівнянь у реакційній системі для довільного співвідношення компонентів, що дозволяє отримати всі можливі хімічні реакції.

Запропонована методика розрахунків хімічного складу для фіксованого набору реагентів, що дозволяє оцінити набір продуктів можливих хімічних взаємодій для заданого початкового складу..

Список літератури

1. M. M. Shaikh, M. Yousaf On mathematical methods to balance equations of chemical reactions – a comparison and way forward // Journal of mechanics of continua and mathematical sciences. Vol.-18, No.-01, January (2023) pp 1-20 <https://doi.org/10.26782/jmcms.2023.01.00001>
2. J. Aleksejeva, S. Guseynov To the issue of finding the stoichiometric coefficients in the chemical reactions // society. // Integration. education Proceedings of the International Scientific Conference. Volume II, May 28th-29th, 2021. pp. 19-48 // <https://doi.org/10.17770/sie2021vol2.6457>
3. Kozub P., Yilmaz N., Deineko Z., Kozub S. USING THE VECTOR APPROACH FOR PROBLEMS OF CHEMICAL STOICHIOMETRY// Science and society: modern trends in a changing world. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Vienna, Austria. 2024. Pp. 89-97. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktich-na-konferentsiya-science-and-society-modern-trends-in-a-changing-world-15-17-04-2024-viden-avstriya-arhiv/>.
4. Kozub P., Yilmaz N., Kozub S., Lukianova V., Martyniuk M. MATHEMATICAL ASPECTS OF USING THE VECTOR APPROACH FOR
5. P. Kozub, V. Lukianova, S. Kozub Vector approach for modeling, research and optimization of complex chemical systems. Abstracts of international conference of natural sciences and technologies (ICONAT-2021). Turkish Republic of Northern Cyprus. 18-20 AUGUST 2021. P. 28.
6. Ian von Maltitz Our Present Knowledge of the Chemistry of Black Powder Journal of Pyrotechnics, Issue 14, Winter 2001. pp.27-39
7. Wise, R. A. Sassé, and H. E. Holmes, Organic Substitutes for Charcoal in “Black Powder” Type Pyrotechnic Formulations, US Army Research and Development Center, Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD, USA (1984).
8. D.B.Dahl, P.F.Lott. Determination of Black and Smokeless Powder Residues in Firearms and Improvised Explosive Devices // Microchemical journal 35, 40-50 (1987)

Надійшла (received) 19.10.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Козуб Павло Анатолійович (Kozub Pavlo) – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-7162-027X>; pkozub@pkozub.com

Їлмаз Наталія (Yilmaz Nataliia) – кандидат технічних наук, доцент, Scientist Communication Theory Laboratory School of computer and Communication Sciences EPFL ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0561-4138> Nataliia.miroshnichenko@epfl.ch

Козуб Світлана Миколаївна (Kozub Svitlana) – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна; <https://orcid.org/0000-0002-7162-027X>; pkozub@pkozub.com

Дейнеко Жанна Валентинівна (Deineko Zhanna) – завідувач кафедри, доцент Харківський національний університет радіоелектроніки https://orcid.org/0000-0003-0175-4181_zhanna.deineko@nure.ua

Вамболь Сергій Олександрович Vambol Sergij) – доктор технічних наук, завідувач кафедри, професор Національний Технічний Університет «Харківський Політехнічний Інститут»

https://orcid.org/0000-0002-8376-9020_serhij.vambol@khpi.edu.ua

P. A. KOZUB, N. YILMAZ, S. M. KOZUB, ZH. V. DEINEKO, S. O. VAMBOL

USE OF VECTOR APPROACH FOR STUDYING COMPLEX CHEMICAL PROCESSES ON THE EXAMPLE OF BLACK POWDER

The paper demonstrates the possibilities of a vector approach for calculating stoichiometric coefficients of chemical equations using the example of black powder. An approach is proposed for selecting and limiting intermediate interactions between reactants and determining final products. It is shown that even a small number of components can lead to a large number of final and intermediate products. Using real calculations, the relationship between the number of possible chemical equations and the number of reactants is shown. A method is proposed for calculating all possible chemical equations in a reaction system for an arbitrary ratio of components, which allows obtaining all possible chemical reactions, and a method for calculating the chemical composition for a fixed set of reactants, which allows estimating the set of products of possible chemical interactions for a given initial composition.

Keywords: chemical equation, reaction system, vector approach, balancing, stoichiometric calculations

С. І. БУХКАЛО, Н. В. ЯКИМЕНКО-ТЕРЕЩЕНКО

КОМПЛЕКСНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ЗАКЛАДІВ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

У матеріалах статті розглянуті приклади можливостей для визначення цілей навчання студентів ВНЗ за освітньою програмою Готельно-ресторанне господарство та Хімічна інженерія з метою розробки комплексних дисциплін сучасних технологій харчування для складових комплексних інноваційних проектів за ситуаційними завданнями. При написанні статті використано досвід викладання дисциплін Загальні технології харчових виробництв, Харчова хімія, Сучасні технології харчування, Товарознавство та управління закупівлями, Основи проектування обладнання в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів у 2002–2024 рр. Комплексні системи визначення складових дисципліни зумовили компетентності та якість матеріалу, а питання, що розглядаються пропущені через призму власного творчого сприйняття, що робить матеріал особливо цінним. Розробки проведені з застосуванням сучасних високоєфективних науково-обґрунтованих технологій виробництва різновидів майонезу, наприклад, від різновидів аналізу класифікації-ідентифікації, загальних понять та вимог до різновидів методології визначення показників рівня якості, їх оцінки через вибір алгоритмів аналізу та розрахунків на різних стадіях виробництва та застосування отриманих продуктів.

Ключові слова: готельно-ресторанна справа, харчова хімія, інноваційні ресторани процеси та технології, ефективні процеси та обладнання, ситуаційні завдання синергетики.

Вступ.

Комплексні характеристики суб'єктів готельного і ресторанного бізнесу треба визначати як ієрархію формування у студента необхідних знань про ситуаційні завдання синергетики комплексних характеристик процесів та обладнання за прикладами ефективних складових викладання дисциплін (табл. 1), наприклад:

1. Загальні технології харчових виробництв як синергетика асортименту продукції,
2. Харчова хімія як визначення якості та безпеки сировини, напівфабрикатів та продукції.
3. Сучасні технології харчування як інноваційні синергетичні можливості.
4. Інноваційні ресторани технології як характеристика конкурентоздатності продукції.
5. Товарознавство та управління закупівлями як класифікація-ідентифікація синергетики.
6. Основи проектування обладнання як ефективність синергетичних властивостей галузі;
7. Інноваційні моделі торгово-технологічного устаткування і обладнання як матеріально-технічна складова синергетики, та інші

Дослідження комплексної організації системи виробництва у закладах ресторанного господарства та бізнесу є надзвичайно актуальними, а також впливають на різноманітні аспекти позитивного розвитку: від ефективного використання сировини, напівфабрикатів та ресурсів через можливості забезпечення якості страв і продукції до задоволення потреб споживачів.

Мета роботи полягає у визначенні проблем та можливостей інноваційного розвитку готельно-ресторанних комплексів України, що обумовлені створенням необхідних процесів інтеграції в європейську економіку і культуру.

Досягнення мети дослідження передбачає постанову та розв'язання наступних завдань:

- 1) дослідити комплексні елементи моделі індустрії України та чинники розміщення її галузей;

- 2) проаналізувати походження основної сировини та обладнання української кухні;

- 3) проаналізувати процес приготування та подавання страв української кухні в мережових закладах харчування за загальними моделями виробництва в готельно-ресторанних комплексах;

- 4) проаналізувати процес приготування та подавання страв української кухні в спеціалізованих закладах громадського харчування;

- 5) надати прогноз напрямкам розвитку етнічної кухні України.

Об'єктом дослідження є процес формування національної кухні України.

Предмет дослідження – теоретичні положення та методичні підходи щодо формування національної кухні готельно-ресторанними комплексами мережовими та вузькоспеціалізованими закладами харчування.

Таким чином, роль і місце ресторанного господарства в сучасній індустрії гостинності та особливості функціонування закладів ресторанного господарства мають, наприклад, складові ієрархії за класифікацією-ідентифікацією:

- ✓ чинники впливу на успіх готельно-ресторанного бізнесу та його ринок;

- ✓ вибір місця розташування закладів готельно-ресторанного господарства;

- ✓ поняття про ресторани мережі: плюси та мінуси створення і функціонування;

- ✓ вимоги до матеріально-технічної бази для організації обслуговування споживачів у закладах готельно-ресторанного господарства: устаткування для теплової та охолоджувальної обробки сировини, напівфабрикатів та продукції;

- ✓ холодильне обладнання для закладів ресторанного господарства; посудомийне обладнання в закладах ресторанного господарства;

© Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В., 2024

✓ нейтральне кухонне обладнання підприємств харчування;

✓ електромеханічне устаткування закладів харчування; обладнання для закладів швидкого харчування (fast food); обладнання для барів та ін.

Ефективність діяльності сучасних закладів готельно-ресторанного бізнесу базується на використанні різноманітного за принципом дії і конструктивним виконанням устаткування. Характерною особливістю закладів готельно-ресторанного бізнесу є пропонування великої кількості нових послуг і продукції, що вимагає постійного оновлення устаткування відповідно до стадій виробничого процесу: підготовчі, основні та заключні.

Конкурентоспроможність закладів готельно-ресторанного бізнесу знаходиться у органічному взаємозв'язку високою професійною підготовкою та комплексним розумінням проблем різновидів діяльності суб'єктів готельно-ресторанного бізнесу.

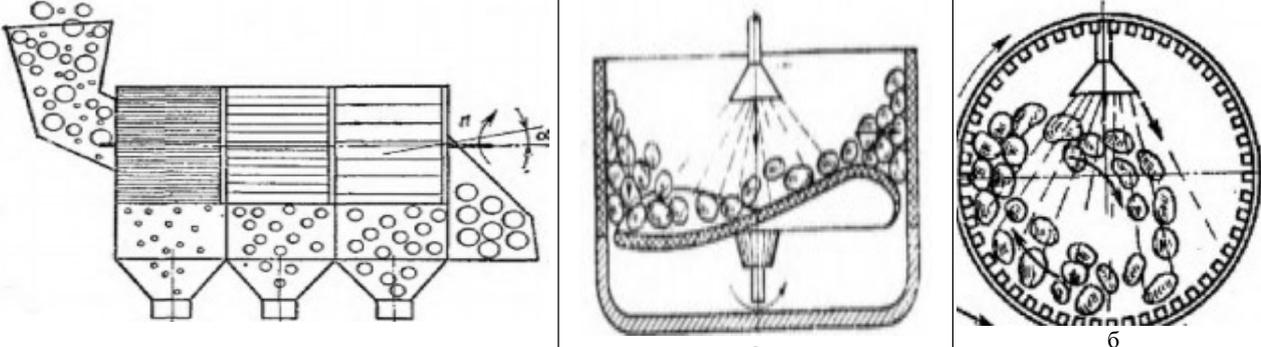
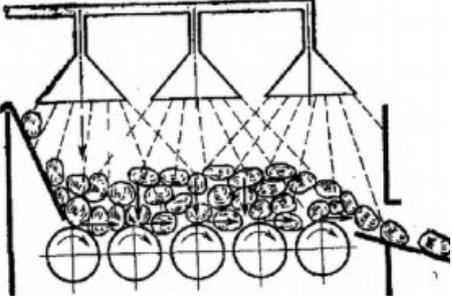
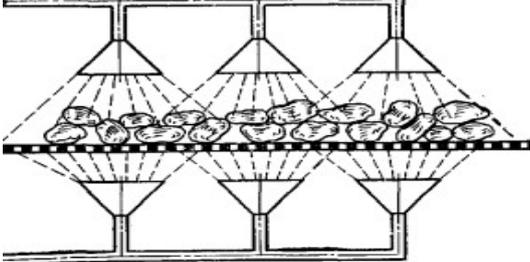
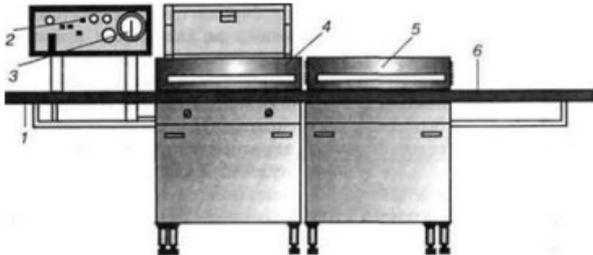
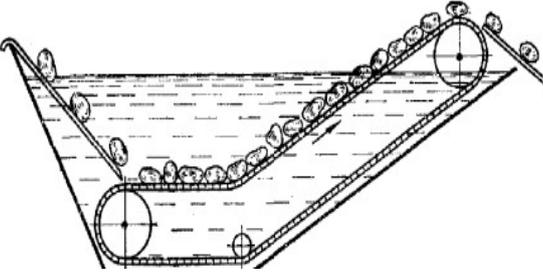
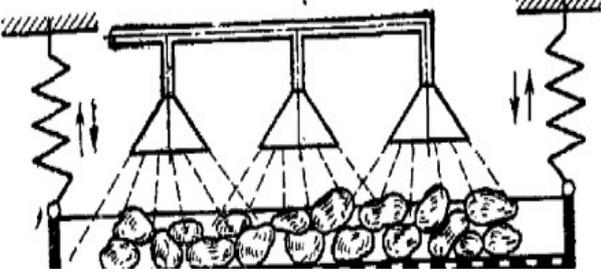
Цілі та задачі навчання.

В процесі вивчення дисципліни значну роль відіграють лабораторні заняття, які є активною формою аудиторної роботи студентів. Метою лабораторних занять (табл. 1, 2) є закріплення студентами знань, одержаних на лекційних заняттях, в процесі самостійної роботи і придбання практичних навичок вирішування конкретних завдань – опанування навичками їх практичного розв'язання. [16– 18].

Таблиця 1. Приклади класифікації-ідентифікації устаткування та обладнання для різновидів овочів за стадіями технологічного процесу виробництва в закладах ресторанного бізнесу (Бухкало С.І.)

№	Приклади ієрархії складових навчання за дисципліною
1	Поняття та призначення устаткування закладів готельно-ресторанного господарства за вимогами НТД до устаткування закладів готельно-ресторанного господарства.
2	Класифікація та основні технічні характеристики устаткування закладів готельно-ресторанного господарства за принципами їх оснащення
3	Сутність процесу миття овочів, приклади конструктивних особливостей овочемийних машин, загальні правила експлуатації.
4	Поняття про технологічну машину. Класифікація та маркування механічного устаткування. Принципи розрахунку основних технічних характеристик устаткування (продуктивність та потужність), їх види.
5	Апарат шоквої заморозки – пристосування для надшвидкої заморозки продуктів харчування, яке дозволяє зберегти корисні речовини і запобігає розмноженню бактерій.
6	Апарати для варіння гарнірів – серед яких наприклад, різновидів овочів та інших гарнірів в спеціальному сітчастому кошику; електроварки можуть бути використані для кип'ятіння води.
7	Вимоги, що ставляться до машин закладів ресторанного господарства; класифікація-ідентифікація універсальних кухонних машин, особливості їх комплектації, загальні технологічні можливості та технічні характеристики.
8	Ієрархія визначення складових та класифікації-ідентифікації технологічних параметрів різновидів плодоовочевої продукції відповідно до НТД на устаткування та обладнання..
9	Класифікація-ідентифікація особливостей вибору устаткування при створенні нового підприємства на нових виробничих площах або при створенні нового підприємства на наявних площах чи реконструкції діючого закладу і його перефільюванні з метою збільшення кількості споживачів, підвищення товарообігу.
10	Класифікація-ідентифікація ієрархії вибору устаткування у два етапи: на першому етапі визначається тип устаткування, а на другому – його марка і кількість.
11	Складові процесів та технології первинної обробки плодоовочевої продукції відповідно до НТД на устаткування та обладнання, особливості технології механічної та теплової обробки.
12	Визначення складових та класифікації-ідентифікації технологічних основ з визначення теорії і концепції вибору устаткування проводиться у два етапи: на першому етапі визначається тип устаткування, а на другому – його марка і кількість.
13	Ієрархія та структура вивчення складових механічного устаткування як технологічних машин, що призначені для проведення механічних операцій: подрібнення, змішування, пресування, сортування і гідромеханічних операцій: перемішування, емульгування, збивання, миття – процеси обробки сировини, напівфабрикатів і продуктів харчування населення.
14	Визначення складових основних та допоміжних (управління, регулювання, захист і блокування) механізмів технологічних машин за джерелом руху для приведення у дію робочих органів виконавчого механізму; для передачі руху до робочих органів виконавчих механізмів, зміни швидкості і напрямку обертання, а також для перетворення одного виду руху в інший; механізм для безпосереднього виконання цільового процесу.
15	Класифікація-ідентифікація та аналіз загальних особливостей складових виробничої програми закладу ресторанного господарства при максимальній економії матеріальних (сировинних) і енергетичних ресурсів, використанні мінімального числа працівників і раціональному використанні виробничих площ.

Таблиця 2. Класифікація-ідентифікація прикладів експериментального аналізу та розрахунків (Бухало С.І.).

№	Приклади ієрархії складових дослідження обладнання для застосування плодоовочевої сировини сучасних технологій харчування готельно-ресторанного господарства	
1	Порівняльна характеристика класифікації-ідентифікації механічного устаткування підготовчих стадій за функціональним призначенням: сортувальне-калібрувальне (рис. 1); мийне для малозабрудненої сировини (рис. 2–6); очищувальне; подрібнювальне; різальне; місильно-перемішувальне; дозувальне-формувальне; пресувальне; універсальні кухонні машини. Вивчення видової структури за властивостями сировини та методиками відповідно до НТД. Ознайомлення з особливостями сировини за експериментальним визначенням характеристик відповідно до НТД підготовчих процесів та вибору різновидів устаткування.	
		
Рис. 1. Приклад схеми барабанного багатосекційного сортувального пристрою	Рис. 2. Приклад схеми миття сировини на хвилеподібному диску (а) та у барабанному механізмі (б)	
		
Рис. 3. Приклад схеми роликового миття сировини	Рис. 4. Приклад сучасної машини для миття овочевої сировини	
		
Рис. 5. Приклад схеми миття сировини струменями води	Рис. 8. Машина для миття: 1, 6 – стіл; 2 – пульт; 3 – манометричний термометр; 4 – секція мийна; 5 – секція підсушування	
		
Рис. 4. Приклад схеми миття протягуванням через ванну	Рис. 6. Приклад схеми вібраційного миття сировини	

2	Порівняльна характеристика за класифікацією-ідентифікацією механічного устаткування підготовчих стадій відповідно до структури робочого циклу: періодичної, безперервної та напівбезперервної дії. Дослідження та аналіз характеристик за часом перебування в апараті відповідно до НТД підготовчих процесів та вибору різновидів устаткування. Сутність структури та особливостей розвитку обладнання за відповідними форматами закладів ресторанного господарства.
3	Порівняльна характеристика за класифікацією-ідентифікацією механічного устаткування підготовчих стадій відповідно до ступеня автоматизації устаткування: неавтоматизоване; напівавтоматизоване; автоматизоване – комплексне визначення видової структури різновидів технологічних процесів за показниками якості відповідно до НТД.
4	Дослідження з сучасних технологій виготовлення й аналізу властивостей різновидів технології напівфабрикатів та продуктів для закладів ресторанного господарства.
5	Дослідження різновидів технології виробництва – порівняльна характеристика для закладів ресторанного господарства. Ознайомлення з основними особливостями сучасної технології за основними стадіями виробництва, отримання навиків розрахунку компонентів сировини за рецептурою.
6	Дослідження з виготовлення й аналізу технології виробництва для закладів ресторанного господарства за рецептурою та визначення якості різновидів продукції – порівняльна характеристика та принципами експериментального визначення цільових функцій дослідження за сучасними технологіями харчування відповідно до НТД.
7	Ознайомлення з основними особливостями сучасної технології напівфабрикатів та виробів за основними стадіями виробництва, отримання навиків розрахунку компонентів сировини за рецептурою та визначення якості різновидів продукції – порівняльна характеристика та принципами експериментального визначення цільових функцій дослідження НТД за сучасними технологіями харчування.

Постановка проблеми у загальному вигляді за прикладами об'єктів вивчення.

Ситуаційна задача 1. Приклади з загальних положень різновидів закладів готельно-ресторанного виробництва.

Відповідно до матеріалів ДСТУ 4281:2004 НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ Заклади ресторанного господарства (РГ) Класифікація ESTABLISHMENTS OF THE CATERING TRADE Classification ДСТУ можна визначити об'єкти застосування результатів дослідження за темою статті:

1. Організаційно-структурна одиниця у сфері РГ, яка здійснює виробничо-торговельну діяльність: виробляє і (або) доготовляє, продає і організує споживання продукції власного виробництва і закупних товарів, може організувати дозвілля споживачів. Примітка. Заклад РГ розміщується в окремій капітальній будівлі або спеціально обладнаному приміщенні іншої капітальної або некапітальної споруди виробничих підприємств, установ, навчальних, лікувальних, оздоровчих закладів, готелів, магазинів, закладів культури, або у вагонах залізничного, салонах авіа-, авто- та водного транспорту тощо (ДСТУ 3862).

2. Тип закладу РГ як сукупність загальних характерних ознак виробничо-торговельної діяльності закладу РГ (ДСТУ 3862).

3. Клас закладу РГ як сукупність відмінних ознак закладу РГ певного типу, яка характеризує рівень вимог до продукції власного виробництва і закупних товарів, умов їх споживання, організування обслуговування та дозвілля споживачів.

За ступенем комфорту, рівнем обслуговування і обсягом надаваних послуг ресторани і бари поділяють на три класи: люкс, вищий і перший (ДСТУ 3862)

4. Повносервісний заклад – різновид закладу РГ з обслуговуванням офіціантами та значною часткою

фірмових та замовних страв і (або) напоїв у продукції власного виробництва. Повносервісними можуть бути, як правило, ресторани, бари, кафе.

5. Заклад швидкого обслуговування РГ – різновид закладу РГ, де застосовують метод самообслуговування і пропонують обмежений асортимент продукції, що прискорює процес обслуговування

6. Майдан харчування РГ – комплекс закладів РГ швидкого обслуговування, що мають загальну торговельну залу

7. Заклад РГ-клуб – різновид закладу РГ, на базі якого працює клуб, що об'єднує споживачів за інтересами та особливостями смаків.

8. Загальнодоступний заклад РГ – заклад РГ, продукцію та послуги в якому може одержати будь-який споживач

9. Закритий заклад РГ – заклад РГ, продукцію та послуги в якому може одержати певний контингент споживачів. Примітка. Закриті заклади РГ можуть організувати харчування особистого складу збройних сил, у вищих, професійно-технічних, загальноосвітніх навчальних закладах, на промислових підприємствах тощо

10. Заклад РГ з різноманітним асортиментом продукції власного виробництва і закупних товарів, високим рівнем обслуговування і комфорту у поєднанні з організуванням відпочинку і дозвілля споживачів. За часом обслуговування ресторани поділяють на: швидкого обслуговування і звичайні; за методами обслуговування – обслуговування офіціантами і самообслуговування.

Розрізняють спеціалізовані ресторани: рибний ресторан, ресторан національної кухні тощо (ДСТУ 3862)

11. Ресторан-бар – різновид ресторану, до складу якого належить бар, торговельна зала якого суміжна з торговельною залою ресторану або барна стойка розміщена в торговельній залі ресторану.

Вищезначені заклади готельно-ресторанного господарства забезпечені різновидами систем дії відповідно до НТД на обладнання.

Система забезпечення режиму збереження сировини, напівфабрикатів та продукції для охолодження чи нагрівання продовольчих товарів у процесі їхнього збереження, приготування і видачі.

Система автоматизації закладів готельно-ресторанного господарства – це спеціалізований комп'ютеризований комплекс програм і устаткування, що дозволяє забезпечити ефективне управління закладами готельно-ресторанного господарства.

Система автоматичних пристроїв забезпечує режим його роботи. Залежно від функціонального призначення пристрої автоматики можуть бути розділені на пристрої автоматичного управління, регулювання, контролю, сигналізації та обліку.

Система регламентованого обслуговування організована на основі НТД, наприклад, регламенту обслуговування як сукупність технічних, організаційних і економічних заходів, призначених для забезпечення найбільшої ефективності обслуговування з урахуванням можливих змін стану об'єкта обслуговування й умов виробництва.

Система товарної обробки призначена для дозування, змішування та технологічних операцій, у результаті проведення яких сировина або напівфабрикати перетворюються в готовий товар.

Укрупнені норми витрати енергії зазвичай визначають за зведеними нормами витрат відповідно до НТД, наприклад, встановлюють витрату енергії на 1т заготовок, 1000 грн продукції, на комплексну переробку сировини на продукцію тощо.

Ситуаційна задача 2. Приклади з загальних положень різновидів термінології сучасного устаткування та технології закладів готельно-ресторанного господарства.

Технологічна машина як пристрій процесів виробництва складається із джерела руху, передаточного і виконавчого механізмів, що об'єднані, наприклад, загальною станиною і корпусом.

Технологічне оснащення як приклад процесів виробництва – це різновиди допоміжного інструменту, штампи, моделі, пристосування, наприклад, прес-форми тощо, а технологічний (робочий) цикл – це проміжок часу між двома послідовними моментами видачі машиною готової продукції. Технологічний цикл включає тривалість завантаження продукту, час оброблення продукту в робочій камері і тривалість вивантаження – підготовчі, основні та заключні операції.

Технологічний процес як основна частина виробничого процесу, у ході якої відбувається цілеспрямований вплив на предмет праці – сировина та напівфабрикати – з метою зміни і (або) визначення його стану відповідно до нормативно-технічної документації (НТД).

Технологічний цикл машини – час перебування

сировини та напівфабрикатів в технологічній машині, впродовж якого завершується обробка продукту від початкового стану до кінцевого за прийнятою для даного процесу технологією та НТД.

Потокова лінія – група робочих місць, за якими закріплене виготовлення одного чи обмеженої кількості найменувань виробів і виробничий процес на яких здійснюється відповідно до ознак потокового виробництва. Потокове виробництво як метод організації виробничих процесів, заснований на максимальній реалізації принципів: оптимізації та диференціації, прямоочності, спеціалізації, безперервності, паралельності, ритмічності й пропорційності.

Теоретична продуктивність машини періодичної дії – це кількість продукції, яку машина може виробити за одиницю часу при безперервній і безперебійній роботі в стаціонарному режимі (це кількість продукції яка випускається даною машиною за один робочий цикл).

Працездатність – це стан машини, за якого вона виконує задані функції в межах параметрів, що встановлені вимогами технологічного процесу або нормативно-технічної документації. Поточний ремонт – вид ремонту, при якому проводять заміну й відновлення зношених деталей і вузлів устаткування і регулювання механізмів. Проводиться тільки при експлуатації устаткування.

Обіг – реалізація та/або зберігання харчових продуктів для цілей реалізації, включаючи пропонування до реалізації та/або іншої форми передачі, реалізації, поширення або будь-яку іншу форму передачі незалежно від її здійснення на платній чи безоплатній основі. Дії, пов'язані з направленням на переробку (зміну призначеного використання), вилучення та/або відкликання, та/або утилізацію харчових продуктів, не вважаються обігом. Продуктивність – це здатність технологічної машини виробляти певну кількість продукції за одиницю часу. Залежно від фізичного стану продукції, що виробляється, продуктивність може вимірюватися в шт/год, кг/год, та м³/год. Згідно сказаного продуктивність може бути штучна, масова та об'ємна. В Міжнародній системі одиницею відліку робочого часу машини слугує секунда (с). Продуктивність потокової автоматичної лінії – основний розрахунковий параметр (норматив) автоматичної лінії. Розраховується за продуктивністю останнього (випускаючого) верстата. Розрізняють: технологічну, циклову, фактичну, потенційну продуктивність лінії.

Промисловий робот – автоматична машина, яка може бути перепрограмована і яка застосовується у виробничому процесі для виконання рухових функцій, аналогічних до функцій людини, при переміщенні предметів праці або технологічного оснащення.

Питома потужність – величина, що характеризує витрати електроенергії за одиницю часу або під час виробництва одиниці продукції на машині. Питома

продуктивність – спроможність машини переробляти певну кількість продукту за одиницю часу на одиницю об'єму робочої камери (робочої довжини або площі).

Режим роботи підприємств ресторанного господарства залежить від режиму роботи обслуговуваних ними контингентів споживачів промислових підприємств, установ, навчальних закладів. Ремонтний цикл – проміжок часу роботи устаткування між моментом введення його в експлуатацію і його першим капітальним ремонтом або між двома послідовно виконаними капітальними ремонтами або між останнім капітальним ремонтом і моментом виведення устаткування з експлуатації.

Ремонтпридатність – це комплекс заходів із забезпечення можливості доступу до різних вузлів і деталей машини з метою технічного обслуговування.

Освоєння виробництва – початковий період промислового виробництва нових виробів, протягом якого досягаються заплановані проектні техніко-економічні показники (продуктивність, трудомісткість, собівартість тощо). Виділення цього етапу доцільне тільки для умов масового і серійного виробництв.

Ситуаційна задача 3. Приклади з загальних положень різновидів термінології процесів для сучасного обладнання закладів готельно-ресторанного господарства.

Сортувально-калібрувальне устаткування призначене для сортування, наприклад, розділення за якістю, а калібрування як розділення за величиною часточок харчової сировини і просіювання – відділення сторонніх домішок для сипких продуктів.

Обладнання та інвентар зазвичай визначають як устаткування, машини, кухонні прилади, кухонна техніка, столові прилади, інструменти та інші засоби, поверхні яких безпосередньо контактують з харчовим продуктом під час його виробництва та обігу. При цьому обслуговуюче господарство – як цехи і підрозділи підприємства (різні склади, внутрішньозаводський транспорт, та ін.), які обслуговують виробництво та надають послуги, необхідні для забезпечення нормальної роботи основних і допоміжних цехів.

Класифікація-ідентифікація електромеханічного обладнання відбувається за особливостями конструкції і спектром виконуваних завдань. Наприклад, картоплечистки входять до групи очисного обладнання, що допомагає очистити ті чи інші продукти з використанням різних пристосувань.

Механічне устаткування – технологічні машини, що призначені для проведення механічних – подрібнення, змішування, пресування, сортування і гідромеханічних – перемішування, емульгування, збивання, миття – процесів обробки сировини і матеріалів. Продукти при цьому не змінюють своїх властивостей, а можуть змінювати лише форму, розміри та інші параметри, які можна змінити механічним шляхом.

Наприклад, картопле- і овочечистки – машини для очищення овочів і картоплі (рис. 9 та 10). На підприємствах існує декілька способів очищення овочів від шкірки: лужний, паровий, комбінований, термічний і механічний.



Рис. 9. Приклади машин для очищення картоплі і моркви



Рис. 10. Приклад картоплечистки стаціонарної

Столи для доочищення овочів – це столи, які призначені для доочищення і обробки коренеплодів і овочів. Залежно від моделі стіл може бути оснащений однією чи двома ваннами.

Подрібнення – процес поділу продукту на частини під дією механічних сил без надання їм певної форми внаслідок деформації. Подрібнювальне устаткування призначене для зменшення розміру часточок матеріалу за рахунок дроблення без надання їм певної форми.

Протирання – це не лише процес подрібнення, але й розділення, тобто відділення маси плодовоовочевої сировини від кісточок, насіння і шкірки на ситах із діаметром осередків 0,8–5,0 мм/

Подрібнювальне обладнання представляють куттери, м'ясорубки, кавомолки, льодоподрібнювачі. Велика група ріжучого обладнання включає слайсери, хліборізки, сиротерки та сирорізки.

Різне перемішувальне обладнання (тістоміси, міксери, фаршмішалки) – обов'язкова складова обладнання практично будь-якого кухонного цеху.

Заздалегідь задану оператором форму продукту надає формувальне обладнання: тісторозкочувальні тістоокруглювальні машини, піца-преси, формувальники котлет та ін. Інше обладнання, що використовується на підприємствах ресторанного

господарства, але не входить за своїми функціями до вище перелічених груп, представлене кухонними процесорами (рис. 11), скиборізками (рис. 12) борошнопросіювачами, професійними соковитискувачами, маринаторами.

Електромеханічне устаткування зазвичай інтенсивно експлуатується, тому при його виборі необхідно також врахувати його продуктивність, зносостійкість і ремонтпридатність.

3.1. Овочерізка промислова – важливий атрибут професійної кухні будь-якого ресторану, кафе, їдальні, фаст-фуду, відділу супермаркету та ін. Вона відмінно впорається із завданням нарізати, подрібнити, нашаткувати сири, варені овочі, фрукти, коренеплоди, прискоривши і полегшивши процес приготування їжі в промислових масштабах. При цьому операційний цикл – час виконання окремої операції.



Рис. 11. Приклад кухонного процесору



Рис. 12. Приклад скиборізки

В кухонному процесорі поєднані функції кутера (для подрібнення і перемішування продукту), овочерізки (для нарізання сирих і варених овочів), м'ясорубки та мікзера. Вони зручні у використанні на кухнях невеликих закладів харчування (рис. 9).

Скиборізки або слайсери призначені для нарізання гастрономічних продуктів на тонкі скибки, маючи при цьому можливість регулювати товщину скибок. За його допомогою можна швидко і точно нарізати сир, овочі, м'ясо, рибу, хліб, фрукти та ін.

Використовуючи промисловий слайсер, можна значно знизити трудовитрати, пов'язані з нарізанням продуктів. Крім того, завдяки скиборізці будь-яке нарізання стає безвідходним, а це призводить до збільшення прибутковості на підприємстві (рис. 10).

Організаційна підготовка виробництва – сукупність взаємозв'язаних процесів: з вибору найбільш раціональних форм і методів організації виробництва нових виробів; з забезпечення виробництва матеріальними ресурсами (сировиною, матеріалами, напівфабрикатами, комплектуючими виробами); з підготовки кадрів відповідних професій і кваліфікації; зі збору необхідної інформації для оперативного виробничого планування.

Організаційно-виробничі вимоги до нового виробу означають відповідність конструйованого виробу умовам його виготовлення можливість уніфікації, механізації і автоматизації виробничих процесів, забезпечення вживаних на підприємстві методів контролю, відповідність НТД на усіх етапах дослідження і т. ін.

Робочий орган технологічної машини діє на продукт згідно заданого технологічного процесу з урахуванням фізико-механічних властивостей продукту. Робочі органи поділяються на основні і допоміжні. До основних відносяться ножі, лопати, ґратки, збивачі. Допоміжні – затискачі, захвати, напрямні, опорні.

Товарні ваги як складова технологічного процесу, визначають як ваги, що встановлюються на підлозі і мають максимальну межу зважування від 60 кг до 2 т. Вони використовуються на промислових підприємствах, складах, оптових базах, в магазинах.

Сталість показань зважування – це властивість вагів за однакових умов при багаторазовому зважуванні того самого вантажу давати ті самі показання.

Різальне устаткування використовується для подрібнення продуктів шляхом різання з метою надання продуктам заданої форми, розміру та якості.

Різальними інструментами є ножі різної конструкції і форми: прямолінійні, криволінійні та дискові. Різальний інструмент м'ясорубки – шнек із кроковитків, що зменшується до місця розташування ножів (нерухома підрізна решітка, обертвовані ножі і нерухомі ножові решітки).

Механічні ваговимірвальні прилади – це ваги, принцип дії яких заснований на методі порівняння маси вантажу, що зважується з масою вбудованих або зовнішніх гир. Процес зважування відбувається в результаті взаємодії системи важелів і вантажів, а відображення інформації про вантаж – завдяки вказівного пристрою (індикатору положення рівноваги), механічнопов'язаним системою важелів з вантажоприймальною платформою.

Мийне устаткування призначене для миття овочів, столового і кухонного посуду та ін. Процес миття може здійснюватися гідравлічним, гідродинамічним і гідромеханічним способами.

Експлуатаційна продуктивність – це показник, який характеризує машину в умовах експлуатації на конкретному виробництві з урахуванням усіх витрат робочого часу, в тому числі з причин відмови машини.

Гнучке виробництво – автоматизоване

виробництво, яке за короткий час і при мінімальних витратах, на тому самому обладнанні, не перериваючи виробничий процес і не зупиняючи устаткування, у міру необхідності дозволяє переходити на випуск нової продукції довільної номенклатури в межах технічних можливостей і призначення устаткування.

Ситуаційна задача 4. Приклади різновидів процесів для сучасного обладнання закладів готельно-ресторанного господарства.

Багатоопераційні машини виконують технологічний процес, який складається з кількох операцій. Наприклад, для миття сировини гарячою водою з миючим засобом, первинного ополіскування, остаточного ополіскування безперервної дії.

Багатоцільові машини виконують декілька технологічних операцій за допомогою виконавчих механізмів або робочих органів, які можуть бути по черзі приєднані до приводу.

Наприклад, блендер професійний – використовують в барах, кафе, ресторанах для оперативного та якісного приготування фруктових або овочевих коктейлів, подрібнення продуктів м'яких сортів. Професійний блендер здатний безперервно переробляти великі обсяги продуктів за короткий час.



Рис. 11. Приклад гастрономічного куттера



Рис. 12. Приклад професійної м'ясорубки

Кухонні процесори застосовують для істотного полегшення праці на професійній кухні. Цей диво-апарат, який виготовлений за новітніми технологіями, дозволяє виконувати безліч функцій куттера, міксера, м'ясорубки (рис. 12), овочерізки.

Ванна мийна є професійним обладнанням, що

призначене для цільового застосування в сфері громадського харчування, лабораторіях, виробничих цехах та інших структурах.

Гідравлічний спосіб миття – дія струменя води із водопровідної мережі на забруднення. Гідромеханічний спосіб миття – спосіб миття, який за безпечує одночасну дію води і робочих органів мийних машин.

Гідротермічна обробка (варка) продуктів – це теплова обробка, яка полягає у впливі на продукт температури і теплоносія.

Варильне устаткування забезпечує теплову обробку харчових продуктів у рідкому середовищі (при повному або частковому зануренні) чи в парі. Варіння на парі – нагрівання продукту в середовищі насиченої водяної пари, коли продукти не стикаються з киплячою водою. Варіння під тиском та у вакуумі: за підвищеного тиску здійснюється в спеціальних казанах-автоклавах, а за пониженого – у вакуум-апаратах.

Варіння – процес нагрівання продуктів до температури 100°C у рідкому середовищі (воді, молоці, бульйоні, відварі, сиропі) або в атмосфері насиченої водяної пари.

Коптильні камери – призначені для приготування м'яса, курки, риби, овочів, напівфабрикатів та інших страв гарячого і холодного копчення.

Картопличистка – це машина для очищення овочів, яка призначена для якісного і швидкого очищення картоплі та інших коренеплодів.

Куттер – професійна універсальна електрична машина, яка призначена для тонкого подрібнення різних продуктів харчування, в т.ч. і фаршу (рис. 11).

Класифікація-ідентифікація ієрархії аналізу результатів навчання за дисципліною представлена за прикладами обладнання та процесів сучасних технологій харчування. Студенти визначають показники для різновидів підприємств ресторанного господарства:

1) методи контролю технологічного процесу продукції власного виробництва за алгоритмами дослідження;

2) засоби контролю технологічного процесу продукції власного виробництва закладу за алгоритмами дослідження;

класифікація-ідентифікація у таких прикладах визначена комплексними складовими описових алгоритмів навчання за освітньою програмою (ОПП):

Ситуаційна задача 5. Приклади з визначення загальних технологій, процесів та обладнання овочесушильного виробництва галузі.

Овочесушильні заводи виробляють важливі компоненти для харчових концентратів обідніх страв, концентратів-соусів швидкого розварювання або без використання стадії варіння – сушені овочі і картоплю. До основних видів сушених овочів відносять: картоплю, моркву, ріпчасту цибулю, зелений горошок, біле коріння, зелень пряну, капусту білокачанну, часник, буряк, томати, цикорій та ін.

Сушені овочі і картоплю залежно від потреб і технологічного режиму підготовчої стадії випускають різної форми – кубики, стовпчики, пластинки або порошки, гранули і пластівці. Одною з основних вимог до якості сушених овочів і картоплі для виробництва концентратів є їх здатність швидко розварюватися і відновлюватися.

Овочесушильні заводи – універсальні підприємства, до їх складу входять технологічні цехи, сховища для овочів і картоплі, склади для готової продукції, тарні цехи, інженерні служби по забезпеченню підприємства енергоносіями і водою, механічні майстерні і ін. Технологічну схему багатостадійного виробництва овочесушильного заводу (рис. 1) можна поділити на три основні групи операцій: підготовчі операції – мийка, сортування, очищення, нарізка, бланшування, заморожування; сушка; брикетування або пакування.

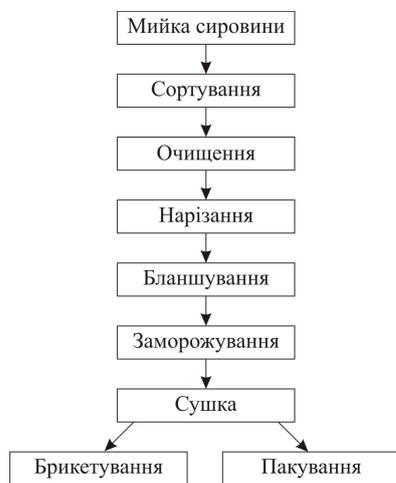


Рис. 1. Функціональна схема технології виробництва сушених овочів і картоплі

Кількість апаратів і послідовність виконання підготовчих операцій може змінюватися залежно від видів сировини і її якості. Кожний з наведених процесів має важливе значення для формування властивостей готового продукту, а його якість залежить від послідовності стадій і правильності їх проведення.

Овочесушильні заводи об'єднують у великі комплекси, що дозволяє подовжити сезон роботи, розширити асортимент продукції, раціонально використовувати енергоресурси, робочу силу і знизити собівартість готової продукції. У собівартості продукції заводу 70 – 85 % належить затратам на сировину. Це обумовлює мінімальну кількість відходів і втрат виробництва, а також максимальний вихід готової продукції. Вихід готової продукції залежить, в основному, від кількості сухих речовин у підготовленій сировині, що обумовлює вибір технологічних операцій і обладнання з метою зниження втрат сухих речовин.

Дозувальне-формувальне устаткування використовується під час приготування певних порційних страв і кулінарних виробів для дозування окремих компонентів і їх формування з метою надання певної форми. Дозування – це розподіл продуктів на частини, однакові за геометричними розмірами, масою чи об'ємом без надання їм заданих форм. Дозують сипкі, рідкі, в'язкі та фаршеподібні продукти за вагою, об'ємом, часом.

Допоміжне господарство – цехи і підрозділи, які випускають продукцію для власних потреб підприємства: виготовляють запасні частини для ремонту устаткування, проводять ремонт і модернізацію устаткування; виготовляють технологічне оснащення, нестандартне устаткування; виробляють енергію (електричну енергію, стиснуте повітря, пару). Допоміжний інвентар – це пристосування для заточування, виправлення та зберігання ножів, лійки, насоси для перекачки рідин, драбини, лопати роликів для картоплі. Допоміжні приміщення ресторану – приміщення для роздачі, тари та зберігання санітарно-технічного інвентарю.

Ситуаційна задача 6. Сировина і асортимент продукції овочесушильного виробництва

Основними видами сировини в стадії технічної зрілості, яку характеризують: розмір, щільність, аромат, колір, смак і ін. – є коренеплоди, бульбоплоди, листя овочів, незрілі зерна та ін., до яких пред'являють основні вимоги: доброякісність та відповідність стандарту. Сировина овочесушильного виробництва називається соковитою, тобто вона характеризується великим вмістом вологи і порівняно невеликим вмістом сухих речовин.

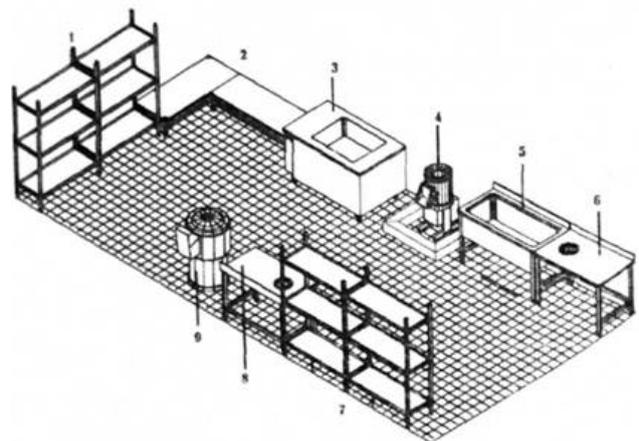


Рис.5. Приклад схеми цеху:

1. Стелажі, для тимчасового зберігання в коробах або лотках "приходу" зелені, салатного листя, фруктів і їх підготовки для подальшої обробки.
2. Використовуються для тимчасового зберігання овочевої продукції, яка підготовлена для подальшої обробки і знаходиться у відповідній тарі.
3. Овочемийна машина, яка не перевертається, використовується для миття овочів, що зберігаються на підтоварниках.

4. Картоплеочищувальна машина, необхідна для очищення овочевої продукції. У процесі роботи з овочемийної машини дістають деяку порцію продукту і завантажують в картопличистку.

5. Ванна котломийна, необхідна для завантаження в неї очищеного в картоплеочищувальній машині продукту, що потребує ручного доочищення.

6. Стіл для відходів, мас на робочій поверхні круглий виріз, під який підставлено сміттєвий бак. Необхідний для ручного доочищення продукту з подальшим видаленням лущиння.

7. Стелаж, необхідний для тимчасового зберігання митої зелені, салатного листя і фруктів.

8. Стіл для відходів, мас на робочій поверхні круглий виріз, під яким підставлений сміттєвий бак. На цьому столі перебирають зелень, салатне листя і фрукти після миття.

9. Овочемийна машина з центрифугою, необхідна для миття зелені, салатного листя, деяких видів фруктів.

Ситуаційна задача 7. Приклади заключних процесів та операцій овочесушильного виробництва

При зберіганні сировини треба враховувати дві характеристики здатності сировини до тривалого зберігання: лежкість – потенційна здатність сировини овочесушильного виробництва протягом визначеного терміну без значних втрат маси і фізіологічних захворювань, ураження мікроорганізмами, зниження властивостей товарних, харчових і насіння; здатність до збереження – проявлення лежкості видів і сортів в умовах даного сезону, зони оброблення, при визначеному рівні агротехніки, технології і режимах зберігання.

Для оцінки сировини як об'єкту сушіння необхідно враховувати вологість, форму зв'язку води з розчинними компонентами сировини, її хімічний склад, харчову і біологічну цінність, технологічні і інші властивості. У сировині, окрім великої кількості води (овочі – 65 – 95 %, картопля – 75 %), є цінні поживні речовини: вуглеводи – сахара, крохмаль, пектинові речовини і ін., білки, жири, органічні кислоти, дубильні і мінеральні речовини і ін.. У невеликій кількості є біологічно активні речовини: ферменти, вітаміни, поліфенольні з'єднання, органічні кислоти, ефірні масла, мінеральні речовини, які мають важливе значення для харчування людини. Калорійність 100 г картоплі складає 94 ккал, а для 100 г сушеної картоплі – це вже 304 ккал.

Для сушіння використовують спеціальні сорти сировини для кожної місцевості, кліматичних і ґрунтових умов, які гарно зберігаються, мають високий вміст сухих речовин, визначену масу, форму бульб і коренеплодів, а також їх розмір.

До кожного виду сировини – овочів і картоплі, є свої вимоги:

- зрілі плоди картоплі однорідні за забарвленням округлої або декілька сплюснutoї форми, крупних і середніх розмірів з невеликою кількістю і неглибоким заляганням глазків; без

захворювань, у найбільшому поперечному розмірі не менш 5 см;

- столова морква однорідна за забарвленням, свіжа, ціла, без тріщин, бруду і ушкоджень від шкідників; краще циліндричної форми для зниження кількості відходів у процесі бланшування і очищення;

- дозрілі, здорові, цільні, сухі, без землі сорти гострої ріпчастої цибулі з кількістю сухих речовин не менш 14 % і оголених цибулин не більш 7 % і інші види сировини.

Асортимент продукції овочесушильного виробництва широкий: сушені картопля і овочі; сухе картопляне пюре і крекери; напівфабрикати виробів з картоплі і овочів заморожені; харчові концентрати та інші харчові продукти.

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

Проаналізовано тенденції розвитку плодоовочевої галузі за прикладами процесів та обладнання виробництва:

1. Класифікація-ідентифікація особливостей складових процесів та обладнання виробництва за підготовчими стадіями.

2. Класифікація-ідентифікація особливостей складових процесів та обладнання виробництва за основними стадіями.

3. Класифікація-ідентифікація особливостей складових процесів та обладнання виробництва за заключними стадіями.

4. Визначення можливостей збереження біологічної та харчової цінності сировини – вітамінів, мінеральних речовин та інших біологічно цінних складових.

5. Визначення можливостей збереження біологічної та харчової цінності напівфабрикатів – вітамінів, мінеральних речовин та інших біологічно цінних складових.

6. Визначення можливостей збереження біологічної та харчової цінності вторинної сировини – вітамінів, мінеральних речовин та інших біологічно цінних складових.

7. Визначення можливостей запобігання біологічному та окислювальному псуванню за рахунок природних синергетичних антиоксидантів і консервантів;

8. Класифікація-ідентифікація проведення дослідження з метою підвищення якості та безпеки харчування.

Студентам надані можливості доступу до різновидів лекційних та навчально-методичних матеріалів з організації самостійної роботи за напрямками дослідження [16–23].

Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти ігрового проектування або завдання до рефератів, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання [24, 25, 27, 29–35].

Представлені можливості комплексного інноваційного навчання студентів можуть бути застосовані для різновидів галузей сучасної харчової технології з урахуванням розвитку діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» (представництво на кафедрі ІТПА НТУ «ХП») – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів та обладнання харчової та хімічної інженерії.

Список літератури

1. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с
2. Бухкало С.І., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л. Л., КАПУСТЕНКО П.А., ХАВИН Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2005. 460 с.
3. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О., ОРЛОВА Є.І. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2005. 496 с.
4. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О., ОРЛОВА Є.І. Харчові технології у прикладах і задачах [текст] підручник К.: ЦНЛ, 2008. 600 с.
5. Бухкало С.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А. Технологічне обладнання харчової галузі (н.пос.). Х.: УПА-2009, 185
6. Бухкало С.І., Лазарев М.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А., Рубан Н.П., Новосельцев О.О. Процеси та апарати харчових виробництв (навч. пос.). Х.: УПА-2009, 153 с.
7. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., ЗИПУННИКОВ М.М., ОЛЬХОВСЬКА О.І. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К.: ЦНЛ, 2013. 352 с.
8. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
9. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
11. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) / ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., ДЕНИСОВА А.Є., ДЕМИДОВ І.М., КАПУСТЕНКО П.О., АРСЕНЬЄВА О.П., БІЛОУС О.В., ОЛЬХОВСЬКА О.І. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 468 с.
12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
13. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
14. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології переробки плодовоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К.: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
15. Бухкало С.І., Ігліні С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХП». 208 с.
16. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
17. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019. 186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
18. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
19. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: 2014. № 16. С. 3–11.
20. Бухкало С.І. Комплексних інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування.. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
21. Lucile M., Chambaron S., Nicklaus S., Monnery-Patris S. Learned pleasure from eating: An opportunity to promote healthy eating in children? Appetite, 2018, Jan.1., V. 120, P. 265–274.
22. Hansen, T, Thomsen T. U. The influence of consumers' interest in healthy eating, definitions of healthy eating, and personal values on perceived dietary quality. Food Policy, 2018, Oct. V. 80, P. 55–67.
23. Henry, C. J. Functional foods. European Journal of Clinical Nutrition, 2010, № 64, P. 657–659.
24. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
25. Бухкало С.І., Н. В. Якименко-Терещенко. Приклади комплексного викладання дисциплін – інноваційні ресторани технології, товарознавство та управління закупівлями. Вісник НТУ «ХП». 2023. № 1 (1365), с. 12–23.
26. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi: 10.20998/22204784.2019.21.13
27. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХП». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.
28. Бухкало С.І. Комплексних інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування.. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
29. Бухкало С.І., Ігліні С.П., Кравченко В.О., Копейченко Є.А., Назаренко М.В. Приклади та задачі комплексного викладання дисципліни харчова хімія. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 89–96.
30. Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
31. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей Вісник

- НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
32. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
 33. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
 34. Ковальчук В.М., Земелько М.Л., Бухкало С.І. Приклади дослідження властивостей м'ясних виробів функціонального призначення для комплексної технології. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 38–48.
 35. Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В. Інноваційні комплексні проекти як сучасна технологія підготовки фахівців зі спеціальності «готельно-ресторанна справа» (на прикладі дисципліни сучасні технології харчування). Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 49–60.
 36. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 61–70.
 37. Основи ресторанної справи: навчальний посібник / укл. Г.Я. Круль. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю Федьковича, 2020. – 496 с.
- References (transliterated)**
1. Bukhhalo S.I. Tehnologija osnovnih harchovih virobnictv u prikladah i zadachah (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. 184 p
 2. Bukhhalo S.I., Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P.A., Havin G.L. Osnovnye tehnologii pishhevih proizvodstv i jenergosberezenie (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 460 p.
 3. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O., Orlova Є.I. Zagal'na tehnologija harchovih virobnictv u prikladah i zadachah [tekst] pidr. K.: CNL, 2005. 496 p
 4. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O., Orlova Є.I. Harchovi tehnologii u prikladah i zadachah [tekst] pidruchnik K.: CNL, 2008. 600 p.
 5. Bukhhalo S.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A. Tehnologichne obladdannja harchovoi galuzi (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 185 p.
 6. Bukhhalo S.I., Lazarev M.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A., Ruban N.P, Novosel'cev O.O. Procesi ta aparati harchovih virobnictv (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 153 p.
 7. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Zipunnikov M.M., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2013. 352 p.
 8. Tovazhnjanskij L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah, pidr. K. CNL, 2011. 832 p.
 9. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2014. 412 p.
 10. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
 11. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnjanskij L.L., Denisova A.Є., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoi literaturi»: 2016, 468 p.
 12. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoi literaturi»: 2018, 108 p.
 13. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoi literaturi»: 2019, 108 p.
 14. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii pererobki plodoovochevoi sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. Pidruchnik z grifom. K.: «CNL»: 2022, 108 p.
 15. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16-18 travnja 2018r. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.I. Kh. :NTU «KhPI». 208 p.
 16. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – p. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
 17. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
 18. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaf and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
 19. Bukhhalo S.I. Udostonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2014. № 16. S. 3–11.
 20. Bukhhalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vikladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja – modeli programuvannja. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
 21. Lucile M., Chambaron S., Nicklaus S., Monnery-Patris S. Learned pleasure from eating: An opportunity to promote healthy eating in children? Appetite, 2018, Jan.1., V. 120, P. 265–274.
 22. Hansen, T, Thomsen T. U. The influence of consumers' interest in healthy eating, definitions of healthy eating, and personal values on perceived dietary quality. Food Policy, 2018, Oct. V. 80, P. 55–67.
 23. Henry, C. J. Functional foods. European Journal of Clinical Nutrition, 2010, № 64, P. 657–659.
 24. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoi masi na ii vlastivosti ta konkurentospromozhnist' dlja riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.
 25. Bukhhalo S.I., N.V. Jakimenko-Tereshhenko. Prikladi kompleksnogo vikladannja disciplin – innovacijni restoranni tehnologii, tovaroznavstvo ta upravlinnja zakupivljami. Visnik NTU «KhPI». 2023. № 1(1365), pp. 12–23.
 26. Bukhhalo S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologij modifikovanih krohmaliv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13

27. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miks. Visnik NTU «KhPI». 2015. № 7 (1116), pp. 103–108.
28. Bukhhalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vkladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja – modeli programuvannja.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
29. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Kravchenko V.O., Kopejchenko Є.A, Nazarenko M.V. Priklyadi ta zadachi kompleksnogo vkladannja disciplini harchova himija. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 89–96.
30. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vkladannja disciplini osnovi proektuvannja obladnannja himichnih virobniectv jak spivpracja asociacij EFCE ta CFE-UA. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 13–22.
31. Bukhhalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoї masi na її vlastivosti ta konkurentospromozhnist' dlja riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.
32. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noї vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
33. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «HPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014, № 16, pp. 3–11.
34. Koval'chuk V.M., Zemel'ko M.L., Bukhhalo S.I. Priklyadi doslidzhennja vlastivostej m'jasnih virobiv funkcional'nogo priznachennja dlja kompleksnoї tehnologii. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 38–48.
35. Bukhhalo S.I., Jakimenko-Tereshhenko N.V. Innovacijni kompleksni proekti jak suchasna tehnologija pidgotovki fahivciv zi special'nosti «gotel'no-restoranna sprava» (na priklyadi disciplini suchasni tehnologii harchuvannja). Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 49–60.
36. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 61–70.
37. Osnovi restorannoї spravi: navchal'nij posibnik / ukl. G.Ja. Krul'. – Chernivci: Chernivec'kij nac. un-t im. Ju Fed'kovicha, 2020. – 496 p.

Надійшла (received) 19.11.2024

Відомості про авторів / About the Authors

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

Якименко-Терещенко Наталія Василівна (Yakymenko-Tereshchenko Nataliia Vasilivna) – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри туризму і готельно-ресторанного бізнесу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0003-2927-7989; e-mail: jakimenkotereshchenko@gmail.com

S. I. BUKHKALO, N. V. YAKYMENKO-TERESHCHENKO

COMPLEX BASES OF DESIGNING EQUIPMENT FOR HOTEL AND RESTAURANT ESTABLISHMENTS

The materials of the article consider examples of opportunities for determining the goals of training for university students in the educational program Hotel and Restaurant Management and Chemical Engineering in order to develop complex disciplines of modern food technologies for the components of complex innovative projects based on situational tasks. When writing the article, the experience of teaching the disciplines General Food Production Technologies, Food Chemistry, Modern Food Technologies, Commodity Science and Procurement Management, Fundamentals of Equipment Design at the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" at the Department of Integrated Technologies, Processes and Devices in 2002–2024 was used. Complex systems for determining the components of the discipline have determined the competence and quality of the material, and the issues considered are overlooked through the prism of one's own creative perception, which makes the material especially valuable. The developments were carried out using modern highly effective scientifically based technologies for the production of mayonnaise varieties, for example, from varieties of classification-identification analysis, general concepts and requirements to varieties of methodology for determining quality level indicators, their assessment through the selection of analysis algorithms and calculations at different stages of production and use of the resulting products.

Keywords: hotel and restaurant business, food chemistry, innovative restaurant processes and technologies, effective processes and equipment, situational tasks of synergetics.

А. О. ОСТАПОВЕЦЬ, В. І. КОНЬШИН**КРИТЕРІАЛЬНИЙ МЕТОД КВАЛІФІКАЦІЇ СТРАТЕГІЇ ПІДВИЩЕННЯ НОМІНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ**

У матеріалах статті представлено аналіз відомих підходів обґрунтування (кваліфікації) стратегій експлуатації ядерних реакторів типу ВВЕР/PWR на підвищеній номінальній потужності. Встановлено, що основні недоліки відомих підходів кваліфікації модернізації активної зони ядерного реактора полягають у залежності результатів кваліфікації від способів реалізації стратегії експлуатації ядерних енергоустановок у режимах підвищеної номінальної потужності, а також від ефектів різниці детерміністських кодів та/або користувачів кодами, що зрештою ускладнює об'єктивну інтерпретацію результатів кваліфікації. Розроблено критеріальний метод кваліфікації стратегії експлуатації ядерних реакторів на підвищеній номінальній потужності на основі модернізації теплофізичних властивостей ядерного палива та конструкційно-технічних параметрів елементів твєлів, який виключає вплив ефектів різниці детерміністських кодів та/або користувачів кодами та враховує умови забезпечення безпеки за гранично допустимими температурами оболонок твєлів і ядерного палива.

Ключові слова: кваліфікація, підвищення номінальній потужності, активна зона, ядерний реактор.

A. O. OSTAPOVETS, V. I. KONSHIN**CRITERION-BASED METHOD FOR QUALIFYING THE STRATEGY OF INCREASING THE NOMINAL POWER OF NUCLEAR REACTORS**

In the materials of the article, examples the analysis of known approaches to the substantiation (qualification) of strategies for operating VVER/PWR nuclear reactors at increased nominal power levels is presented. It has been established that the main shortcomings of the existing approaches to qualifying upgrades of the nuclear reactor core lie in the dependence of qualification results on the implementation methods of the reactor operation strategy in high nominal power modes, as well as on the effects of differences in deterministic codes and/or user expertise with such codes. These factors ultimately complicate the objective interpretation of qualification results. A criterion-based method for qualifying the strategy for operating nuclear reactors at increased nominal power levels has been developed. This method is based on upgrading the thermophysical properties of nuclear fuel and the design and technical parameters of fuel element components. It eliminates the influence of variations in deterministic codes and/or user expertise with such codes and considers safety assurance conditions under the maximum allowable temperatures for fuel cladding and nuclear fuel.

Keywords: qualification, increased nominal power, core area, nuclear reactor.

Вступ

Основний показник ефективності експлуатації ядерних енергоустановок (ЯЕУ) – коефіцієнт використання встановленої потужності, який визначається відношенням фактичної теплової потужності N за тривалість робочих режимів реактора t_R до встановленої проектом номінальної потужності N_D за період експлуатації t_0

$$\text{КВВП} = N_D^{-1} t_0^{-1} \int_0^{t_R} N(t) dt$$

Таким чином, перспективним напрямком підвищення коефіцієнту використання встановленої потужності (а відповідно й ефективності експлуатації ЯЕУ) може бути відносно підвищення номінальної потужності реактора в робочих режимах N та загальної тривалості робочих режимів реактора на потужності t_R за період експлуатації t_0 .

Перспективність такого напрямку підвищення коефіцієнту використання встановленої потужності ЯЕУ визначає актуальність розробки та обґрунтування (кваліфікації) безпеки стратегій експлуатації на підвищеній номінальній потужності (ПНП) реактора в робочих режимах та/або підвищення загальної тривалості робочих режимів реактора на потужності (підвищення тривалості «паливних кампаній»).

Необхідність кваліфікації стратегій ПНП щодо забезпечення умов ядерної безпеки визначається загальними нормативними вимогами, встановленими до модернізації систем, важливих для безпеки (СВБ) ЯЕУ.

Традиційно розрахункова кваліфікація модернізації СВБ ЯЕУ базується на результатах розрахункового моделювання детерміністськими кодами (ДК) аварійних режимів.

Основний недолік такого підходу кваліфікації модернізації СВБ ЯЕУ полягає в тому, що результати розрахункового моделювання ДК аварійних режимів можуть суттєво залежати від різниці різних ДК та/або різних користувачів однаковими ДК. У цьому випадку можливий негативний вплив на результати кваліфікації модернізації ефектів різниці ДК та/або користувачів ДК, який зрештою ускладнює об'єктивну інтерпретацію результатів кваліфікації модернізації СВБ ЯЕУ.

Таким чином, актуальна розробка альтернативних методів кваліфікації стратегій ПНП щодо забезпечення необхідних умов ядерної безпеки, що і визначає мету та задачі представленої роботи.

© Остаповець А.О., Коньшин В.І., 2024

Аналіз літературних даних щодо відомих результатів кваліфікації модернізації активної зони ЯЕУ та постановка проблеми. У роботах [1,2] проведено аналіз результатів кваліфікації модернізації активної зони ЯЕУ з ВВЕР шляхом диверсифікації тепловиділяючих зборок (ТВЗ) компанії Westinghouse, що базується на розрахунковому моделюванні ДК постульованих аварій. Проведений аналіз встановив суттєвий вплив на результати кваліфікації негативних ефектів різниці ДК/ користувачів ДК. Зокрема, окремі розрахунки ДК RELAP встановили нездійсненність умов безпеки при диверсифікації ТВЗ Westinghouse.

У роботах [1, 2] також розроблено альтернативний метод кваліфікації модернізації активної зони ВВЕР шляхом диверсифікації ТВЗ Westinghouse, який не залежить від впливу ефектів різниці ДК/користувачів ДК на результати кваліфікації. Результати кваліфікації розробленим у [1,2] альтернативним методом встановили виконання умов ядерної безпеки в процесі максимальної проектно аварії (розрив головного циркуляційного трубопроводу) з урахуванням конструкційно-технічних відмінностей проектних ТВЗ А та ТВЗ Westinghouse.

У роботах [3, 4] проведено аналіз модернізації теплофізичних властивостей ядерного палива. В результаті встановлено:

1) превентивне зменшення показників теплопровідності ядерного палива призводить до відносного збільшення робочої температури палива (за інших рівних умов) та відповідній ПНП реактора;

2) однак значне збільшення температури ядерного палива може привести до деградації паливних матриць та наступному їх руйнуванню, що підтверджується численними результатами експериментальної кваліфікації модернізації теплофізичних властивостей ядерного палива;

3) перспективним може бути підхід, заснований на двошаровій паливній матриці твелу: центральна зона паливної матриці модернізується хімічними елементами, які знижують теплопровідність ядерного палива, а поверхневий шар (rim-зона) – хімічними елементами, які збільшують теплопровідність ядерного палива.

Однак щодо перспективності двошарової моделі паливної матриці твелу можливо дати такі коментарі:

1) необхідно оцінити гранично допустиме збільшення температури ядерного палива в центральній зоні паливної матриці, за якого у випадку виникнення аварій може статися порушення умов безпеки, що призводять до ядерної (важкої) аварії;

2) для забезпечення умов ядерної безпеки при аваріях також необхідно визначити оптимальне співвідношення теплофізичних властивостей і розмірів центральної та rim-зони паливної матриці твелу.

У роботах [5, 6] представлено аналіз відомих підходів обґрунтування (кваліфікації) стратегій експлуатації ЯЕУ з ПНП реактора, заснованих на ітераційних результатах розрахункового моделювання ДК проектних аварій. У загальному випадку кваліфікації таких стратегій полягають у наступному.

1. Спочатку апіорі встановлюється рівень ПНП у межах проектного запасу до кризи кипіння (теплообміну) в робочому режимі реактора.

2. За початкових умов відповідно до прийнятої апіорі ПНП реактора в робочому режимі здійснюється розрахункове моделювання ДК аварій та аналіз здійсненності умов безпеки в процесі таких аварій.

3. Для встановлення гранично допустимої номінальної потужності реактора з забезпеченням необхідного запасу до кризи кипіння в робочих режимах та умов безпеки в аварійних режимах на наступних етапах кваліфікації здійснюються ітерації початкових умов щодо ПНП реактора з повторним розрахунковим моделюванням аварій.

Основні недоліки/обмеження представленого вище підходу кваліфікації модернізації стратегій ПНП реактора наступні.

1. У загальному випадку реалізація ПНП реактора можлива наступними способами: модернізації нейтронно-фізичних властивостей/параметрів ядерного палива та/або теплофізичних властивостей ядерного палива та/або конструкційно-технічних параметрів елементів активної зони. Вибір способу реалізації ПНП реактора не тільки впливає на максимальну температуру ядерного палива (а відповідно і на щільність теплового потоку на поверхні твелу), але також може впливати на інші параметри, що визначають теплову потужність твелу. Зокрема, при ПНП реактора способом високозбагаченого ядерного палива/ МОХ-палива (модернізація нейтронно-фізичних властивостей ядерного палива) на результати кваліфікації стратегії ПНП реактора можуть вплинути відповідні зміни теплофізичних властивостей високозбагаченого ядерного палива/МОХ-палива.

Таким чином, при кваліфікації стратегії ПНП реактора необхідно враховувати спосіб збільшення номінальної потужності.

2. Необхідною умовою виникнення кризи кипіння (теплообміну) на поверхні твелу є стабільна поверхнева парова зона.

Необхідною умовою виникнення термоакустичної нестійкості (ТАН) теплоносія є інтенсивне поверхнєве («недогріте») кипіння бульбашкової структури (наприклад, [7–10] та ін.). Наслідками ТАН теплоносія в активній зоні можуть бути високочастотні та високоамплітудні динамічні навантаження на твел, що може призвести до порушення герметичності оболонки твелу (захисний бар'єр безпеки) [7, 8].

Таким чином, необхідні умови ТАН теплоносія

здійснюються за менших теплових навантажень в активній зоні, ніж необхідні умови кризи кипіння (теплообміну). Тому гранично допустима теплова потужність твела в робочих режимах реактора визначається не умовами («запасом») кризи кипіння, а умовами початку інтенсифікації поверхневого («недогрітого») кипіння в активній зоні.

3. Негативними наслідками повторного детерміністського моделювання аварій можуть бути ефекти різниці ДК/користувачів ДК, які ускладнюють об'єктивну інтерпретацію результатів кваліфікації [5, 6].

Таким чином, на основі аналізу відомих підходів кваліфікації модернізацій активної зони реактора визначена актуальність розробки альтернативних методів кваліфікації стратегій ПНП реактора в робочих режимах експлуатації ЯЕУ.

Мета роботи. Розробка альтернативного методу кваліфікації ПНП з визначення гранично допустимої номінальної теплової потужності реактора та температури ядерного палива в робочих режимах, що забезпечують необхідні умови ядерної безпеки в постульованому процесі максимальної проектно аварії (МПА).

Основні задачі.

1. Аналіз відомих підходів і методів кваліфікації стратегій модернізацій активної зони.

2. Розробка критеріального методу кваліфікації стратегій ПНП реактора в робочих режимах, який не залежить від ефектів різниці ДК/користувачів ДК.

3. Аналіз отриманих результатів та практичні рекомендації.

Критеріальний метод кваліфікації стратегії підвищеної номінальної потужності реактора.

Основні положення і допущення.

1. У загальному випадку кваліфікація (обґрунтування) стратегії ПНП реактора базується на наступних положеннях:

- ПНП реактора може бути реалізовано шляхом модернізації нейтронно-фізичних та/або теплофізичних властивостей ядерного палива та/або конструкційно-технічних параметрів твела;

- внаслідок ПНП реактора (за інших рівних умов) може бути відносно збільшення максимальної температури ядерного палива, а відповідно і підвищення глибини вигорання ядерного палива.

2. Критеріями кваліфікації встановлені:

гранична потужність твела початку інтенсивного поверхневого пароутворення («недогрітого» кипіння) в робочому режимі реактора N_b ;

- гранично допустима температура оболонок твелів початку інтенсифікації пароцирконієвої реакції в процесі МПА $\max T_w$;

- гранично допустима температура початку плавлення/руйнування паливної матриці в процесі МПА $\max T_f$.

3. Умови кваліфікації модернізацій твелів у робочих і аварійних режимах

$$\max N \leq N_b, \quad (1)$$

$$T_f < \max T_f, \quad T_w < \max T_w, \quad (2)$$

де N – теплова потужність твела,

T_f, T_w – температура ядерного палива та оболонки твела.

4. Параметрами модернізації стратегій ПНП реактора визначені:

- теплофізичні властивості ядерного палива та оболонок твелів;

- конструкційно-технічні параметри елементів твелів.

Вплив цих параметрів на умови кваліфікації (1) і (2) враховується термічним опором твела R_T :

$$R_T = \frac{\delta_f}{\lambda_f} + \frac{\delta_g}{\lambda_g} + \frac{\delta_w}{\lambda_w} \quad (3)$$

де $\delta_f, \delta_g, \delta_w$ – товщина паливної матриці, газового зазору твела та стінки оболонок твела,

$\lambda_f, \lambda_g, \lambda_w$ – показники теплопровідності ядерного палива, газового зазору твела та оболонки твела.

Лінійне наближення R_T обґрунтоване для діаметрів твелів d , значно менших за висоту твелів H [6]:

$$d \ll H. \quad (4)$$

5. Необхідні умови кваліфікації (2) визначаються на основі критеріїв термодинамічної подібності нестационарних процесів початкової стадії МПА модернізованого та успішно кваліфікованого проектного режимів експлуатації реактора.

Консервативно враховуються результати розрахункового моделювання проектного режиму з максимальною температурою оболонки твела в процесі МПА.

Враховуючи прийняті допущення, рівняння теплового балансу твела в робочому стаціонарному режимі реактора [6]:

$$N = G\Delta i = \alpha F_w (T_w - T_{in}) = R_T^{-1} F_w (T_f - T_w), \quad (5)$$

де N – теплова потужність твела,

G – масова витрата теплоносія, приведена на один твел,

Δi – перепад питомої ентальпії теплоносія на виході та вході активної зони,

α – параметр тепловіддачі на поверхні твела,

F_w – площа поверхні твела,

T_{in} – температура теплоносія на вході активної зони.

Після перетворень рівняння (5) отримаємо залежності максимальних температур ядерного палива та оболонки твела від гранично допустимої потужності (1) в модернізованому робочому режимі та в початковий момент аварії:

$$T_{F0m} = T_{Fm}(t=0) = \frac{G\Delta i_b}{F_W}(R_T + \alpha^{-1}) + T_{inm}, \quad (6)$$

$$T_{W0m} = T_W(t=0) = \frac{G\Delta i_b}{\alpha F_W} + T_{inm}, \quad (7)$$

де Δi_b – перепад питомої ентальпії теплоносія в умовах початку інтенсифікації поверхневого кипіння на виході активної зони.

Рівняння теплового балансу для паливної матриці та оболонки твела на початковому етапі МПА до моменту підключення гідросмностей системи аварійного охолодження активної зони t_g :

$$C_F M_F \frac{dT_F}{dt} = N - R_T^{-1} F_W (T_F - T_W), \quad (8)$$

$$C_W M_W \frac{dT_W}{dt} = R_T^{-1} F_W (T_F - T_W) - \alpha_{cr} F_W (T_W - T_{in}) \quad (9)$$

де C_F, C_W – питома теплоємність ядерного палива та оболонки твела,

M_F, M_W – маса ядерного палива та оболонки твела,

α_{cr} – параметр тепловіддачі за кризи теплообміну.

У критеріальному (безрозмірному) форматі рівняння (6)–(9):

$$\frac{dT_F}{dt} = \mathbf{K}_1 - \mathbf{K}_2, \quad \mathbf{T}_F(\mathbf{t}=0) = \mathbf{K}_F = 1, \quad (10)$$

$$\frac{dT_W}{dt} = \mathbf{K}_3 - \mathbf{K}_4, \quad \mathbf{T}_W(\mathbf{t}=0) = \mathbf{K}_W = 1, \quad (11)$$

де

$$\mathbf{T}_F = T_F / T_{F0}, \quad \mathbf{T}_W = T_W / T_{W0}, \quad \mathbf{t} = t / t_g$$

$$\mathbf{K}_1 = \frac{N t_g}{C_F M_F T_{F0}}, \quad \mathbf{K}_2 = \frac{F_W (T_F - T_W) t_g}{C_F M_F R_T T_{F0}}, \quad (12)$$

$$\mathbf{K}_3 = \frac{F_W (T_F - T_W) t_g}{C_W M_W R_T T_{W0}}, \quad \mathbf{K}_4 = \frac{\alpha_{cr} F_W (T_W - T_{in}) t_g}{C_W M_W T_{W0}}, \quad (13)$$

$$\mathbf{K}_F = \frac{N}{F_W T_{F0}} (R_T + \alpha^{-1}) + \frac{T_{in}}{T_{F0}}, \quad (14)$$

$$\mathbf{K}_W = \frac{N}{\alpha F_W T_{W0}} + \frac{T_{in}}{T_{W0}}. \quad (15)$$

Умови ідентичності процесів на початковому етапі МПА для проектного D та модернізованого m режимів реактора:

$$\mathbf{K}_{1m} = \mathbf{K}_{1D}, \quad \mathbf{K}_{2m} = \mathbf{K}_{2D}, \quad \mathbf{K}_{Fm} = \mathbf{K}_{FD}, \quad (16)$$

$$\mathbf{K}_{3m} = \mathbf{K}_{3D}, \quad \mathbf{K}_{4m} = \mathbf{K}_{4D}, \quad \mathbf{K}_{Wm} = \mathbf{K}_{WD}, \quad (17)$$

Тоді, після перетворень (16) і (17), умови кваліфікації стратегії експлуатації реактора на ПНП:

$$\frac{G\Delta i_b}{C_{Fm} M_{Fm} T_{F0m}} = \frac{N_D}{C_{FD} M_{FD} T_{F0D}}, \quad (18)$$

$$\frac{T_{F0m} - T_{W0m}}{C_{Fm} M_{Fm} T_{F0m} R_{Tm}} = \frac{T_{F0D} - T_{W0D}}{C_{FD} M_{FD} T_{F0D} R_{TD}}, \quad (19)$$

$$\frac{T_{F0m} - T_{W0m}}{C_{Wm} M_{Wm} T_{W0m} R_{Tm}} = \frac{T_{F0D} - T_{W0D}}{C_{WD} M_{WD} T_{W0D} R_{TD}}, \quad (20)$$

$$\frac{T_{W0m} - T_{inm}}{C_{Wm} M_{Wm} T_{W0m}} = \frac{T_{W0D} - T_{inD}}{C_{WD} M_{WD} T_{W0D}}, \quad (21)$$

$$\frac{G\Delta i_b}{F_W T_{F0m}} (R_{Tm} + \alpha^{-1}) + \frac{T_{inm}}{T_{F0m}} = \frac{N_D}{F_W T_{F0W}} (R_{TD} + \alpha^{-1}) + \frac{T_{inm}}{T_{F0m}} \quad (22)$$

$$\frac{G\Delta i_b}{\alpha F_W T_{W0m}} + \frac{T_{inm}}{T_{W0m}} = \frac{N_D}{\alpha F_W T_{F0D}} + \frac{T_{inD}}{T_{W0D}}, \quad (23)$$

Аналіз результатів кваліфікації

1. На основі визначених критеріїв термодинамічної подібності (12)–(15) в процесі МПА для модернізованого та кваліфікованого проектного консервативного режимів експлуатації реактора встановлено умови успішної кваліфікації стратегій ПНП (16)–(23) з гранично допустимою тепловою потужністю реактора, що відповідає початку інтенсифікації поверхневого кипіння теплоносія на виході активної зони (необхідні умови виникнення ТАН теплоносія).

Умови кваліфікації стратегій ПНП (16)–(23) можуть бути забезпечені комплексною модернізацією:

- теплофізичних властивостей ядерного палива та оболонок твєлів (параметри теплопровідності й теплоємності);

- конструкційно-технічних параметрів твєлів (термічний опір, розміри і маса паливної матриці та оболонок твєлів).

2. На відміну від відомих підходів кваліфікації стратегій ПНП розроблений критеріальний метод має додаткові складові дослідження щодо математичного моделювання, наприклад, за умовами безпеки ПНП реактора та глибини вигорання ядерного палива:

- визначає комплексну модернізацію теплофізичних властивостей ядерного палива/оболонок твєлів, конструкційно-технічних параметрів твєлів для забезпечення гранично допустимих за умовами безпеки ПНП реактора та глибини вигорання ядерного палива;

- не потребує для кваліфікації численних повторних розрахункових моделювань ДК, результати яких можуть суттєво залежати від негативних ефектів різниці ДК/користувачів ДК.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

1. Представлено аналіз відомих підходів обґрунтування (кваліфікації) стратегій експлуатації ядерних реакторів типу ВВЕР/PWR на підвищеній номінальній потужності.

2. Встановлено, що основні недоліки відомих підходів кваліфікації модернізації активної зони ядерного реактора полягають у залежності результатів кваліфікації від способів реалізації стратегії експлуатації ядерних енергоустановок у режимах підвищеної номінальної потужності, а також від ефектів різниці детерміністських кодів та/або користувачів кодами, що зрештою ускладнює об'єктивну інтерпретацію результатів кваліфікації.

2. Розроблено критеріальний метод кваліфікації стратегії експлуатації ядерних реакторів на підвищеній номінальній потужності на основі модернізації теплофізичних властивостей ядерного палива та конструкційно-технічних параметрів елементів твєлів, який виключає вплив ефектів різниці детерміністських кодів та/або користувачів кодами та враховує умови забезпечення безпеки за гранично допустимими температурами оболонок твєлів і ядерного палива.

Список літератури

1. Скалозубов В. И., Спинов В. М., Гриб В. Ю. Безопаска диверсифікації ядерного палива. Аналіз умов безпеки при диверсифікації ядерного палива атомних електростанцій. LAP LAMBERT Academic Publishing, - 2019. 64 с. ISBN 978-620-0-49830-4;
2. В. Гриб, В. Спинов. Diversification safety nuclear fuel. LAP LAMBERT Academic Publishing, - 2020. 50 p. ISBN 978-620-0-49830-4;
3. Vashchenko V., Skalozubov V., Korduba I., Komarov Y., Zhukova O. Method of analysis of thermophysical properties and composition of nuclear fuel during modernization of active zones of nuclear power reactors. Ecological Engineering & Environmental Technology (EEET). - 2023. Vol. 24, No. 6. P. 186–191. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/168372>;
4. Melnik S. I., Vashchenko V. M., Korduba I. B., Hrib V. Yu. The method of express analysis of nuclear and ecological safety during the modernization of nuclear fuel. Journal of Geology, Geography and Geoecology. - 2023. V. 32, No. 2. P. 388–395. DOI: <https://doi.org/10.15421/112335>;
5. Кондратюк В. А., Дорож О. А., Філатов В. І. Порівняльний метод кваліфікації систем безпеки ядерних енергоустановок з ВВЕР-1000 та AP1000. Ядерна енергетика та довкілля. - 2023. № 1. С. 3–8. DOI: doi.org/10.31717/2311-8253.23.1.1;
6. Комплекс методів переоцінки безпеки атомної енергетики України з урахуванням уроків екологічних катастроф в Чорнобилі та Фукусімі / Під ред. В. И. Скалозубова. Одесса: Астропринт, - 2013. 244 с.;
7. Кондратюк В. А., Комаров Ю. О., Косенко С. І., Коньшин В. І. Підходи моделювання умов термоакустичної нестійкості в нерівноважному двофазному теплоносії ядерних реакторів. Теплофізика та теплоенергетика. - 2023. № 1. С. 91–96. DOI: <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2023.11>
8. Kondratyuk V., Komarov Ju., Dorozh O., Filatov V. Criteria for conditions of hydrodynamic instability of the coolant in accidents with reactor circuit leaks. Proc. of Odessa Polytechnic University (Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi). - 2022. Vol. 66, No. 2. P. 52–57. DOI: 10.15276/opu.2.66.2022.06;
9. Kolykhanov V. N., Kozlov I. L., Skalozubov V. I. Distortion of the neutron flux profile in reactor core induced by control rods. BgNS TRANSACTIONS – Science and Technology Journal of the Bulgarian nuclear society. - 2018. Vol. 23, No. 1. P. 3–7. <https://bgns-transactions.org/Journals/23-1/01>;
10. Kondratiuk V., Komarov Yu., Kosenko S., Kochnyeva V. Method for determining the conditions of thermal and hydrodynamic instability in power equipment. XIX International Scientific and Practical Conference «Modern problems in science». Vancouver, Canada. - 2022, May 17–20. P. 798–800. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.1.

References (transliterated)

1. Skalozubov V. I., Spinov V. M., Hryb V. Yu. *Safety of Nuclear Fuel Diversification. Analysis of Safety Conditions During Nuclear Fuel Diversification at Nuclear Power Plants*. LAP LAMBERT Academic Publishing, - 2019. 64 pages. ISBN 978-620-0-49830-4;
2. Hryb V. Yu., B. Spinov V. M. *Diversification safety nuclear fuel*. LAP LAMBERT Academic Publishing, - 2020. 50 p. ISBN 978-620-0-49830-4;
3. Vashchenko V., Skalozubov V., Korduba I., Komarov Y., Zhukova O. Method of analysis of thermophysical properties and composition of nuclear fuel during modernization of active zones of nuclear power reactors. *Ecological Engineering & Environmental Technology (EET)*. - 2023. Vol. 24, No. 6. P. 186–191. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/168372>;
4. Melnik S. I., Vashchenko V. M., Korduba I. B., Hrib V. Yu. The method of express analysis of nuclear and ecological safety during the modernization of nuclear fuel. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. - 2023. V. 32, No. 2. P. 388–395. DOI: <https://doi.org/10.15421/112335>;
5. Kondratiuk V. A., Dorozh O. A., Filatov V. I. *Comparative Qualification Method for Safety Systems of Nuclear Power Plants with VVER-1000 and AP1000 Reactors*. *Nuclear Energy and Environment*, - 2023, No. 1, pp. 3–8. DOI: doi.org/10.31717/2311-8253.23.1.1;
6. A Set of Methods for Reassessing the Safety of Ukraine's Nuclear Energy Sector Considering Lessons from the Chernobyl and Fukushima Environmental Disasters, *edited by V. I. Skalozubov*. Odesa: Astroprint, - 2013. 244 pages;
7. Kondratiuk V. A., Komarov Yu. O., Kosenko S. I., Konshyn V. I. Modeling Approaches for Thermoacoustic Instability Conditions in Non-Equilibrium Two-Phase Coolant of Nuclear Reactors. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, - 2023, No. 1, pp. 91–96. DOI: <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2023.11>;
8. Kondratiuk V., Komarov Ju., Dorozh O., Filatov V. Criteria for conditions of hydrodynamic instability of the coolant in accidents with reactor circuit leaks. *Proc. of Odessa Polytechnic University (Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi)*. - 2022. Vol. 66, No. 2. P. 52–57. DOI: 10.15276/opu.2.66.2022.06;
9. Kolykhanov V. N., Kozlov I. L., Skalozubov V. I. Distortion of the neutron flux profile in reactor core induced by control rods. *BgNS TRANSACTIONS – Science and Technology Journal of the Bulgarian nuclear society*. - 2018. Vol. 23, No. 1. P. 3–7. <https://bgns-transactions.org/Journals/23-1/01>;
10. Kondratiuk V., Komarov Yu., Kosenko S., Kochnyeva V. Method for determining the conditions of thermal and hydrodynamic instability in power equipment. XIX International Scientific and Practical Conference «Modern problems in science». Vancouver, Canada. - 2022, May 17–20. P. 798–800. DOI: 10.46299/ISG.2022.1.1.

Надійшла (received) 19.11.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Остаповець Андрій Олександрович (Ostapovets Andriy Oleksandrovych) – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0231-8753>;

e-mail: ostapovets.a@gmail.com

Коньшин Валерій Іванович (Konshin Valery Ivanovich) – кандидат технічних наук, доцент кафедри атомної енергетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2591-3589>;

e-mail: vikonshin@meta.ua

С. І. БУХКАЛО**ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ – ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ**

У матеріалах статті розглянуті можливості для вивчення цілей і задач дисципліни з метою формування у студентів необхідних знань про основи проектування обладнання енергозберігаючих хімічних виробництв: детальний розгляд наукового обґрунтування; аналіз, загальна характеристика й особливості проектування обладнання; вибір різновидів методів аналізу з вирішення завдань за допомогою інноваційних методів та програм, їх особливостей; вивчення можливих причин виникнення невідповідності обладнання до цілі проектування та способів їх передбачення. При написанні статті використано досвід викладання дисципліни «Основи проектування обладнання хімічних виробництв» в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» на кафедрі інтегрованих технологій, процесів і апаратів у 2022-2024 рр. Комплексні системи визначення складових дисципліни зумовили компетентності та якість матеріалу, а питання, що розглядаються пропущені через призму власного творчого сприйняття, що робить матеріал особливо цінним. Представлені приклади і деякі особливості можливих рішень навчання, які засновані на експериментальних даних розробки механізмів ідентифікації-класифікації процесів і їх наукового обґрунтування у вигляді об'єктів інтелектуальної власності.

Ключові слова: основи проектування, моделі хімічних виробництв та обладнання, наукове обґрунтування методів навчання студентів.

Вступ.

Інноваційні методи навчання представлені за ієрархією складових:

1. Мета навчання як основа наукового дослідження – визначення загальних характеристик об'єкта, процесів та відповідного обладнання, їх складових, алгоритмів зв'язків та ефективності на основі наукових принципів і методів пізнання, а також отримання і впровадження результатів.

2. Об'єкт і предмет дослідження як комплексна цільова система.

3. Предмет дослідження як структура системи, закономірності взаємодії елементів у середині системи і поза нею, закономірність її розвитку за різновидами властивостей та якості цієї системи.

4. Науковий напрям як науково-обґрунтований комплекс, у межах яких виконується певна наукова робота.

5. Структурні одиниці наукового напряму:

– наукові комплексні проблеми як сукупність проблем, які мають одну мету;

– наукові проблеми як сукупність складних теоретичних, розрахункових і експериментальних завдань, розв'язання яких назріло в певній галузі науки і виробництва;

– наукові теми як складові частини навчання з визначення різновидів проблем та питань;

– наукові питання конкретної теми відповідно до нормативно-технічної документації (НТД).

Кожна наукова робота належить до певного конкретного напряму досліджень їх, зазвичай, класифікують-ідентифікують за ознаками:

- напрямом розвитку виробництва створення нових технологічних процесів, машин, апаратів тощо відповідно до мети та місця дисципліни у структурі освітньої програми;

- підвищення ефективності виробництва відповідно до вимог відповідно до змісту робочої програми за обсягом дисципліни, типів та видів

навчальних занять, навчально-методичне забезпечення самостійної роботи студентів;

- поліпшення виробничих відносин та організації виробництва та інші складові (табл. 1) відповідно до переліку компетенцій із зазначенням етапів їх формування у процесі освоєння освітньої програми, а також опису показників та критеріїв оцінювання компетенцій на різних етапах їх формування.

Під науковим напрямом розуміють сферу наукових досліджень наукового колективу, яка спрямована на вивчення певних фундаментальних, теоретичних і експериментальних завдань у відповідній галузі науки – Хімічна інженерія [1–11].

Науковий напрям – сфера дослідження наукового колективу, який упродовж відповідного часу розв'язує ту чи іншу проблему. Структурними одиницями наукового напряму є комплексні проблеми, проблеми, теми і питання.

Дослідницька робота розпочинається з вибору проблеми або теми дослідження. Проблема наукових досліджень вибирають, виходячи з фахової готовності та зацікавленості: планів науково-дослідних робіт установи та цільових комплексних, галузевих і регіональних науково-технічних програм.

Наукова проблема – питання, що потребує наукового вирішення; сукупність нових теоретичних, розрахункових або практичних питань, які суперечать існуючим знанням або прикладним методикам у конкретній науці та потребують вирішення за допомогою наукових досліджень необхідних для освоєння дисципліни, визначення моделей програмування з питань енергоефективності роботи обладнання за прикладами інноваційного розвитку хімічної інженерії. Зазвичай дослідники розрізняють класифікацію-ідентифікацію за напрямками проектування хімічних підприємств.

© Бухкало С.І., 2024

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

Важливим є формулювання проблеми та вивчення стану наукових розробок у напрямку навчання, а також перевірки на практиці. Проблеми, які є недостатньо розробленими і вимагають наукового обґрунтування визначають відповідно до невирішених питань, сформульовані у процесі теоретичного осмислення, запропоновані практикою або ті, що виникли під час вибору теми. Такий підхід надає змогу з'ясувати зміст проблеми.

Розробка структури проблеми передбачає виділення тем, розділів, питань. У кожній темі виявляють орієнтовну сферу дослідження. Потім її конкретизують, провівши внутрішній причинно-наслідковий аналіз і виявивши всі змістовні сторони. Тому виділяють похідні проблеми, кожна з яких має стати об'єктом деталізації доти, доки не будуть визначені конкретні завдання – зміст поставленої проблеми. Важливим моментом конкретизації проблеми є обмеження кола питань, які необхідно вивчити.

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

№	Приклади ієрархії складових дисципліни Основи проектування обладнання хімічних виробництв
1	Загальні відомості про: перелік питань: об'єкти вивчення та предмет дисципліни, ціль навчання, вимоги до знань студентів; історичний розвиток хімічної технології та відповідного обладнання як науки Класифікація-ідентифікація загальних положень наукового обґрунтування і вимог до проектування та виготовлення хімічного обладнання – показники енергетичної, ресурсної та екологічної ефективності.
2	Визначення складових алгоритмів характеристик особливостей, види та загальна класифікація-ідентифікація методів визначення різновидів обладнання за складовими: означення поняття установка, аналіз характеристик та факторів впливу на вибір елементів установки; технічне завдання або технічний проект. Ознайомлення з виробничими кресленнями; визначення прикладів складових алгоритмів експериментальних розрахунків та ін.
3	Класифікація-ідентифікація основних напрямків розвитку проектування та ознайомлення з вибором матеріального виконання основного обладнання, захист обладнання від корозії, механічні характеристики конструкційних матеріалів. Основи розрахунку на міцність машин і апаратів хімічних виробництв та методами проектування: математичне моделювання, різновиди перевірки та розрахунків обладнання.
4	Визначення особливостей алгоритмів розрахунку та вибору теплообмінного обладнання; класифікація теплообмінного обладнання – пластинчасті теплообмінники за типами та будовою, основні показники та характеристики. Ознайомлення з прикладами та послідовністю розрахунку деяких різновидів обладнання за визначеними алгоритмами.
5	Узагальнена схема та алгоритм визначення процесів гідродинаміки та теплопередачі в тонко плівкових роторних апаратах та сучасні конструкції вертикальних та горизонтальних апаратів. Ознайомлення з прикладами різновидів розрахунків роторних плівкових апаратів.

1 - Двопоточкова ковпачкова тарілка
2 - Патронний краплевловлювач
3 - Фільтр коалесцерами патронного типу

Колона оснащена приборами контролю рівня, температури, тиску, перепаду тиску візуального типу та видаванням сигналу на пульт керування.

Позначення	Призначення	Кількість
А	Вхід газу	1
Б	Вихід газу	1
В	Злив ТЕГ	1
Г	Вхід ТЕГ	1
Д ₁₋₄	Люк DN500	4
Е	Дренаж	1
Ж _{1,2}	Для колонки рівнеміра	2
И _{1,2}	Для манометра	2
К	Для вимірювання тиску	1
Л _{1,2}	Для термометра	2
М	Для вимірювання температури	1
Н _{1,2}	Замірювання перепаду тиску	2
П _{1,2}	Дренаж конденсату	2
Р	Технологічний	1
С	Технологічний	1
Т	Дренаж	1

Діаметр штуцерів визначається технологічним розрахунком.

- 6 Визначення складових алгоритмів загальних характеристик та класифікація-ідентифікація колонних апаратів для процесів абсорбції та ректифікації за відповідними технологічними схемами. Матеріальний і тепловий баланс абсорберів. Приклади технологічних розрахунків процесів ректифікації. Конструктивне та апаратне оформлення процесів абсорбції та ректифікації за відповідними характеристиками: вибір типу контактних пристроїв колонних апаратів; тарілчасті та насадкові колонні апарати, швидкісні апарати (рис. 1).
- 7 Ієрархія процесів теплопередачі та основи розрахунку теплообмінників за алгоритмами вибору теплообмінного обладнання. Класифікація-ідентифікація і типи трубчастих та реберних печей – будова і принципи роботи, основні показники. Приклади з послідовності розрахунку трубчастих печей – аналіз та складання алгоритмів за обраними технологічними схемами (рис. 2 та 3).

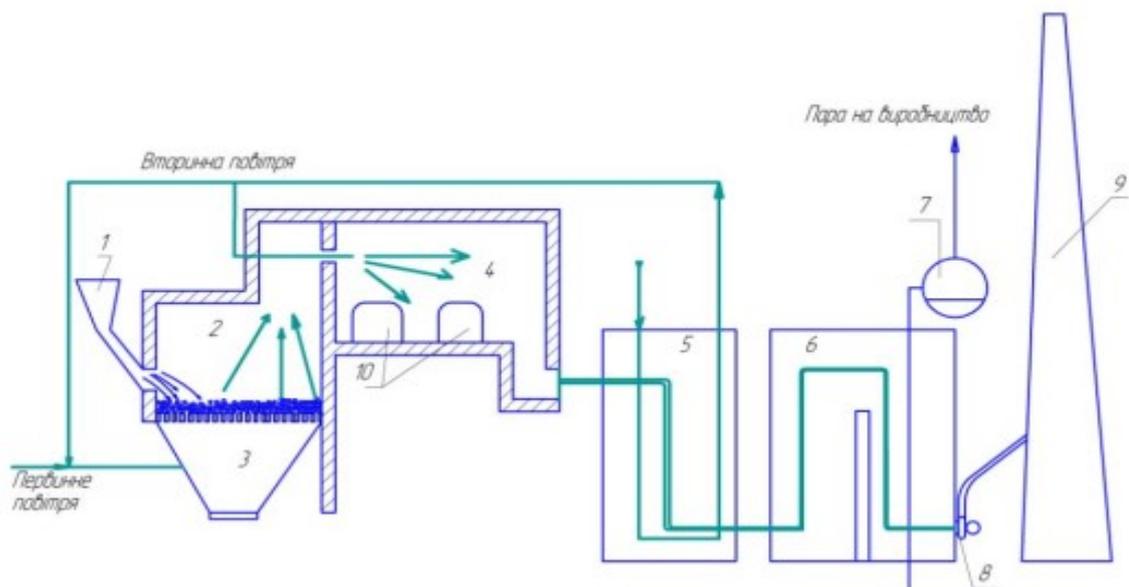
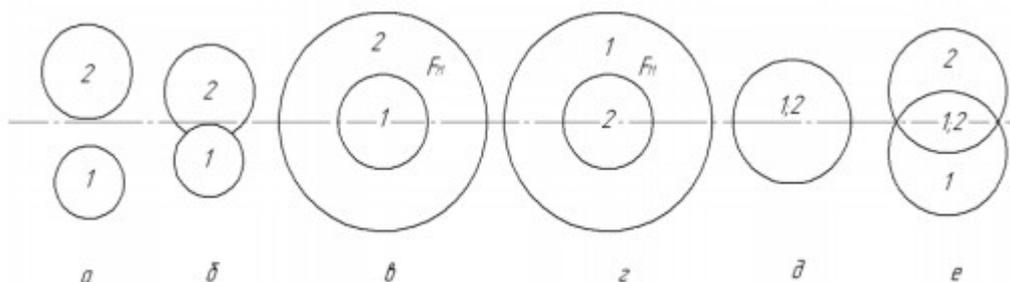


Рис. 2. Принципова схема паливної печі

Рис. 3. Схема можливих варіантів взаємного розташування зон технологічного процесу і генерації тепла, F_m - поверхня матеріалу.

Печі хімічної промисловості можна класифікувати за наступними ознаками:

- 1) по видах виробництва;
 - 2) по технологічній приналежності;
 - 3) по теплотехнічних особливостях;
 - 4) по конструктивних особливостях.
- По виду виробництва печі підрозділяють на такі основні групи:
- 1) печі виробництва сірчаної кислоти;
 - 2) печі виробництва соляної кислоти;
 - 3) печі виробництва фосфорної кислоти;
 - 4) печі виробництва плавикової кислоти;
 - 5) печі виробництва соди;
 - 6) печі виробництва мінеральних солей;
 - 7) печі виробництва мінеральних пігментів;
 - 8) печі виробництва фосфору;
 - 9) печі виробництва сірковуглеців;

	<p>10) печі виробництва вапна; 11) печі виробництва каталізаторів; 12) печі виробництва карбїду кальцію; 13) печі ремонтних цехів; 14) печі для спалювання відходів хїмічних виробництв; 15) печі нафтохімічних виробництв; 16) печі інших виробництв.</p>
8	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору вимоги до різновидів сучасних випарних апаратів і багатокорпусних установок, фізичні основи випаровування. Теплові, конструктивні і гїдродинамічні розрахунки випарних апаратів. Типові схеми багатокорпусних випарних установок. Алгоритми та особливості розрахунку випарних установок. Випарні апарати заглибного горіння – типи апаратів та конструкції горїлок.
9	Класифікація-ідентифікація основних показників та ознайомлення з основними рівняннями та характеристиками для розрахунку та вибору насоса за типом та конструкцією. Сучасні приклади розв'язання рівнянь моделей для визначення відповідних математичних залежностей. Ознайомлення з прикладами та послїдовністю розрахунку деяких різновидів обладнання за визначеними алгоритмами.



У рядї випадків, де необхідно перекачувати великих обсягів хїмікатів, використовують відцентровий хїмічний насос з магнітною муфтою, з хїмічно стїйким виконанням матеріалу проточної частини. До цієї категорії можна віднести хїмічний насос відцентровий з магнітною муфтою горизонтальний, хїмічний насос пластинчастий, шибєрний насос, вихровий та відкрито вихровий хїмічний насос, тощо. Вони призначені для перекачування агресивних рїдин, наприклад розчинів лугів та кислот, концентрованих сольових розчинів, їдких рїдин, з високою щїлністю, газомїсних речовин, емульсій та суспензій, вибухонебезпечних, горючих та токсичних рїдин (рис. 4)..

10	Загальна характеристика моделей та порівняльний аналіз різновидів ємнісного обладнання, основні рівняння та характеристики для розрахунку та вибору ємнісного обладнання за типом та конструкцією. Сучасні приклади розв'язання рівнянь деяких моделей для визначення математичних залежностей відповідного обладнання.
11	Класифікація-ідентифікація загальних відомостей з методів проектування: математичне моделювання, різновиди перевірки, розрахунку обладнання та ін. Характеристика особливостей, види та загальна класифікація-ідентифікація визначення нормативних документів з проектування – вимоги до креслень. Етапи та методи оволодіння практичними навичками роботи за програмою AutoCAD та різновидами виконання креслень при проектуванні обладнання.
12	Визначення складових алгоритмів розрахунку та вибору Характеристика особливостей, види та загальна класифікація-ідентифікація методів визначення сучасних масообмінних пристроїв – тарїлки та регулярні насадки , які випускають ведучі фірми світу для обладнання хїмічних виробництв (рис. 5).

Ковпачкові тарїлки найчастїше застосовують у ректифікаційних установках. Конструкційна схема пристрою ковпачка наведена на рис. 5. Пара з попередньої тарїлки потрапляє до парових патрубків ковпачків і барботує через шар рїдини, в яку частково занурені ковпачки. Ковпачки мають отвори або зубчасті прорїзи, що розділяють потїк газової фази на декілька дрібніших, для збільшення поверхні контакту пари з рїдиною. Переливні трубки призначено для підведення та відведення рїдини та регулювання її рївня на тарїлці.

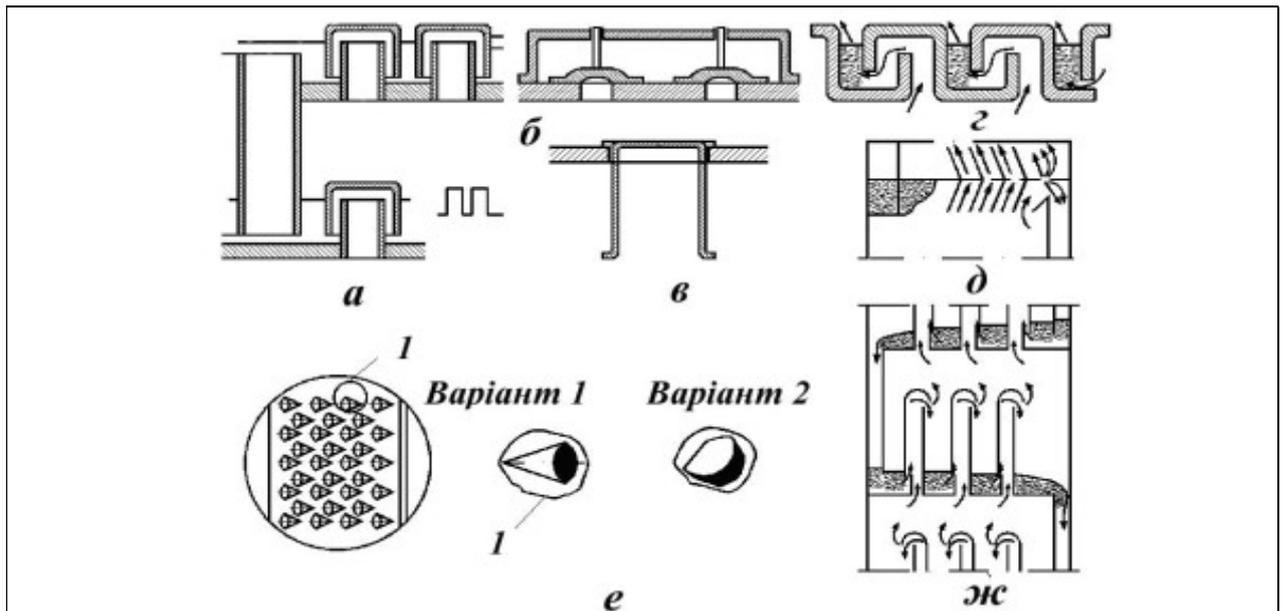


Рис. 5 – Конструкції тарілок: а – ковпачкова; б – клапанна з верхнім обмежувачем підняття; в – клапанна з нижнім обмежувачем підняття; г – із S-подібних елементів; д – пластинчаста; е – лускатата; ж – прямотечійна

Для збільшення продуктивності та ефективності тарілок провального типу передусім необхідно забезпечити рівномірний розподіл потоків на площі колони. Для цього поверхню тарілок пропонують виготовляти гофрованою на зразок сітчастих хвилястих тарілок (рис. 6 б) або тарілок із просіченого листа з кромками отворів або щілинами, які відігнуто до одного в різні боки (рис. 6 а). Поверхня тарілок може бути ступінчастою (рис. 6 в).

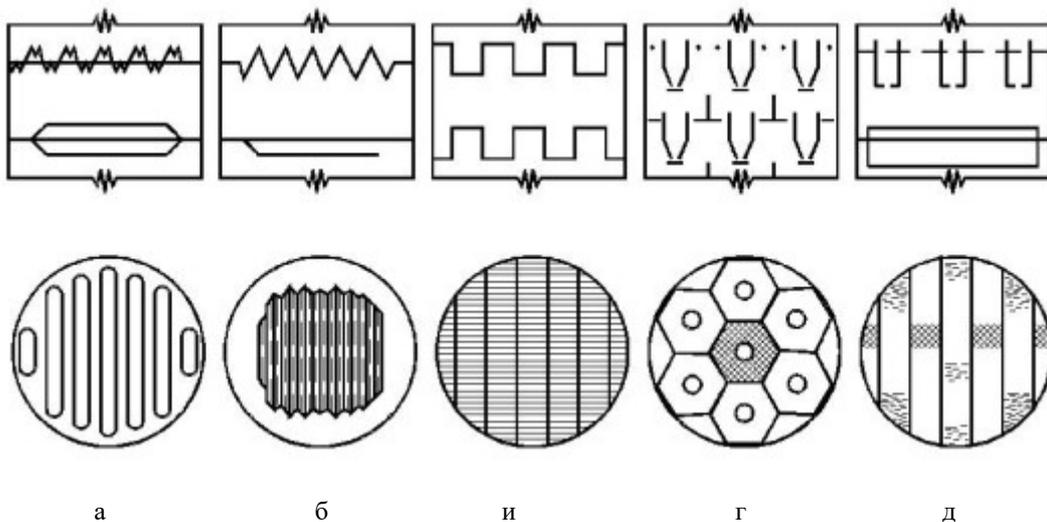


Рис. 6.– Удосконалені конструкції тарілок провального типу: а – з відігнутими кромками щілин; б – із гофрованою поверхнею; в – зі ступінчастим розміщенням листів; г – із двома зонами контакту; д – із великою кількістю переливів

Експериментальне дослідження основних характеристик зазначених конструкцій показало, що їх продуктивність приблизно вдвічі вища за продуктивність звичайних ґратчастих тарілок при дещо кращій або однаковій ефективності розділення; такі тарілки створюють невеликий гідравлічний опір, і на них утримується незначний шар спіненої рідини.

13 Класифікація-ідентифікація загальних відомостей та характеристика особливостей, види та загальна класифікація-ідентифікація методів визначення сучасного теплообмінного обладнання за прикладами виробництва провідних фірм світу для енергоефективного обладнання хімічних виробництв – аналіз та складання алгоритмів за обраними технологічними схемами (рис. 7–12).

14	Загальна характеристика, класифікація-ідентифікація та порівняльний аналіз фільтрів для рідин. Ознайомлення з основами розрахунків та вибору конструкції фільтрів: періодичної дії, рамного фільтр преса, камерного фільтр преса, автоматизованого камерного фільтр преса, патронного фільтра, фільтрів безперервної дії – барабанного, дискового та стрічкового типів.
15	Загальна характеристика, класифікація-ідентифікація та порівняльний аналіз різновидів центрифуг. Ознайомлення з основними рівняннями та характеристиками для розрахунку та вибору деяких типів центрифуг: центрифуга фільтруюча ФГН, центрифуга осадового типу ОГШ, центрифуга з пульсуючим вивантаженням осаду, безперервна центрифуга з шнековим вивантаженням осаду ФГШ та ФВШ – аналіз та складання алгоритмів за обраними технологічними схемами.
16	Загальна класифікація-ідентифікація методів проектування виробництва за аналізом результатів та перспектив подальшого розвитку навчання студентів за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія, кваліфікація бакалавр з хімічних технологій та інженерії. Загальні принципи аналізу, розрахунку та вибору сучасного технологічного обладнання енергозберігаючих

До спеціальних теплообмінних пластинчастих апаратів можна віднести, наприклад, пластинчасті випарники, що одержали широке поширення за рубежом як випарні апарати на підприємствах цукрової й спиртової промисловості. Пластинчастий випарний апарат (рис. 7) складається з пакета пластин, зварених між собою попарно в касети, які, у свою чергу, з'єднані один з одним прокладками. Звичайне випарювання розчину здійснюється в каналах із прокладками, тоді як пара, що гріє подається в касети. Пластини виготовляються з AISI 316 або з іншого матеріалу, стійкого до розчину, включаючи хастелой або титан. Прокладки, як правило, виготовляють із матеріалу EPDM або нітрилу [12–34].



Рис. 7. Випарні пластинчасті апарати фірми «Альфа Лаваль»: а) модель – AlfaVar 500; б) модель – AlfaVar 700

Особливий профіль пластин забезпечує стійкість до зміни розходу в процесі випарювання або конденсації, створює турбулентний режим струму, а також забезпечує стійкість пакета пластин до різких змін тиску. Такий пластинчастий випарний апарат дозволяє варіювати розхід в широких межах і збільшувати кількість ступенів випарювання при незмінній загальній різниці температур. При цьому якість продукту залишається дуже високою, без зміни забарвлення й кількості інвертного продукту (рис. 8) [12–34].

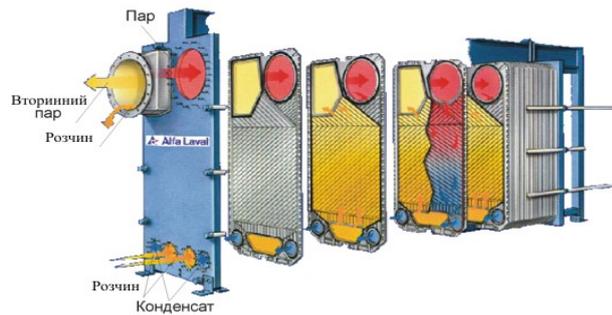


Рис. 8. Конструкція випарного пластинчастого апарата фірми «Альфа Лаваль»

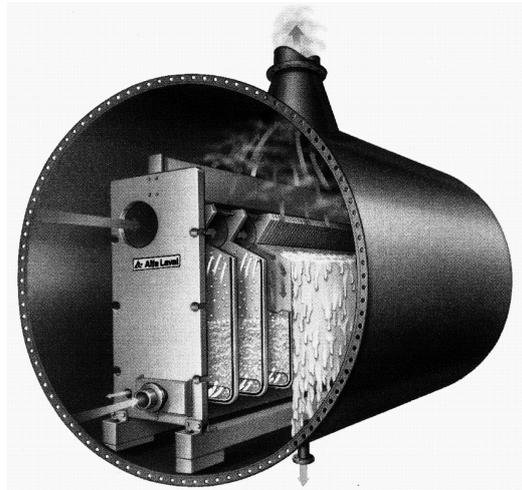


Рис. 9. Пластинчастий випарний апарат, який розміщено у посудині

До переваг таких апаратів, крім традиційних переваг, характерних для пластинчастих теплообмінників, можна віднести:

- відсутність пригорання продукту навіть при великих змінах розходу й підвищеній кількості вторинної пари;
- підвищення якості продукту за рахунок зменшення часу його перебування в апараті;
- підвищення компактності випарного апарата за рахунок зменшення поверхні теплопередачі й ваги;

- зменшення забруднення поверхні й спрощення обслуговування як шляхом хімічного миття, так і шляхом механічного розбирання й чищення;

- висока ефективність роботи при малій різниці температур;

- зменшення загальних витрат на монтаж і обслуговування у порівнянні з витратами для традиційних випарних станцій.

Дуже часто пластинчасті випарні апарати такого типу монтують безпосередньо в посудині тиску (рис. 9), що дозволяє додатково підвищити ефективність випарювання за рахунок зменшення площі теплопередачі й часу перебування розчину в апараті, а також забезпечує менше забруднення пластин. На протипагу пластинчастим випарним апаратам існує гама спеціально розроблених пластинчастих конденсаторів.



Рис. 10. Пластинчастий конденсатор AlfaCond

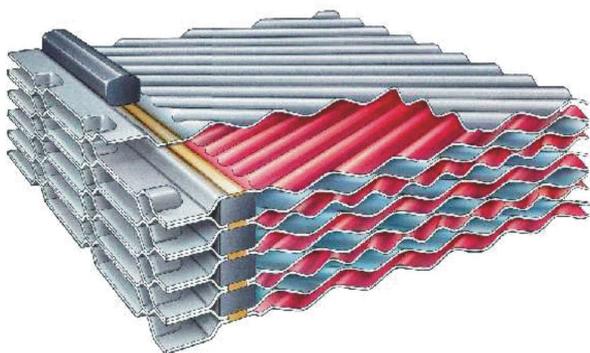


Рис. 11. Пакет зварених попарно пластин конденсатора AlfaCond

Наприклад, на рис. 10 представлений загальний вигляд пластинчастого конденсатора AlfaCond шведської фірми «Альфа Лаваль», що був запроєктований для дистиляційних систем. Особливістю цих апаратів є максимальна пристосованість для конденсації пари під низьким тиском. У конденсаторі AlfaCond передбачене вхідне приєднання для великого розходу пари й два малих приєднання для виходу конденсату.

Приєднання – для води, що охолоджує розміщені в центрі плити. AlfaCond складається з пакета пластин, які зварені попарно в касети. Структура й рисунок пластин (рис. 11) спеціально запроєктовані під ефективну конденсацію з асиметричною конфігурацією, що утворює по одній з сторін більший канал.

Крім традиційних переваг теплообмінних апаратів такого класу пластинчастий конденсатор AlfaCond має ряд цінних додаткових якостей, які роблять його сучасною й високоефективною альтернативою трубчастим конденсаторам.



Рис. 12. Принцип роботи пластинчастого конденсатора AlfaCond.

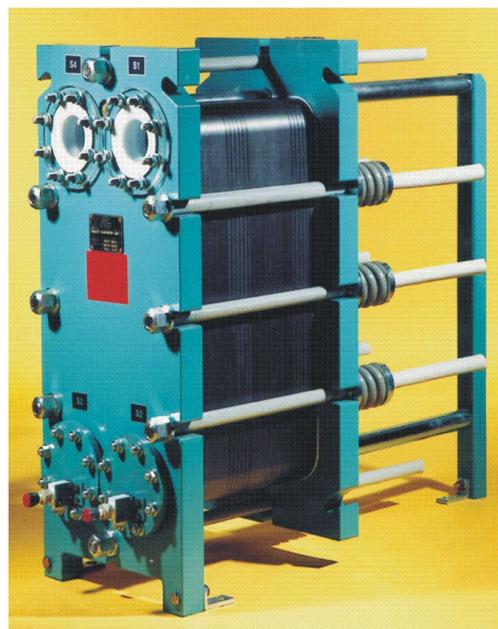


Рис. 13. Графітовий пластинчастий теплообмінний апарат

Основні переваги конденсатора AlfaCond можна сформулювати у такий спосіб (рис. 12):

- 1) низька вартість у силу високої теплової ефективності, що вимагає меншої поверхні теплопередачі в порівнянні з кожухотрубчастими теплообмінниками, особливо, якщо за умовами експлуатації потрібна нержавіюча сталь або титан;

2) компактність апарата зберігає робочий простір, зменшує транспортні, монтажні й пуско-налагодочні витрати;

3) низьке забруднення по стороні охолоджуваної води в порівнянні з кожухотрубчастими конденсаторами, яке забезпечується високою турбулентністю потоку й спеціально запроєктованим гофруванням пластин;

4) простота очищення й обслуговування з використанням як механічного, так і хімічного способів;

5) легкість у нарощуванні потужності шляхом додавання касет на наявній рамі;

6) повністю протиточна течія, що дає можливість переохолоджувати гази, що не конденсуються, більше, ніж у встановлених порівняних кожухотрубчастих апаратах, що зменшує навантаження на насос;

7) короткий час перебування в апараті має велику перевагу для продуктів, чутливих до нагрівання, що також дає можливість швидко пускати й зупиняти апарат з мінімальними втратами.

При роботі з агресивними й корозійними середовищами іноді навіть високоякісні матеріали пластин, такі як титан і нікель, в окремих випадках не можуть протистояти інтенсивній корозії. Тому для роботи в таких умовах застосовують графітові пластинчасті теплообмінні апарати (рис. 13), у яких як матеріал пластин використовують синтетичну смолу на основі графіту.

Пластинчасті теплообмінники даного типу працюють так само, як і звичайні. Такі теплообмінні апарати, крім всіх переваг, що властиві традиційним пластинчастим теплообмінникам, мають цілий ряд переваг перед апаратами інших типів, що використовують у хімічній промисловості:

- висока стійкість до корозійних середовищ, навіть найагресивніших;

- низька схильність до накипоутворення за рахунок гладкої непористої поверхні пластин і високої турбулентності потоку;

- висока теплопровідність, що порівнянна з теплопровідністю металевих пластин, і висока міцність матеріалу пластин;

- низьке терморозширення й мінімальна деформація пластин.

В рамках курсу «Основи проектування обладнання енергозберігаючих хімічних виробництв» студенти навчаються детальному розгляду наукового обґрунтування; аналізу, загальним характеристикам й особливостям проектування; вибору різновидів методів аналізу з вирішення завдань за допомогою інноваційних методів та особливостей; вивчення можливих причин виникнення невідповідності обладнання до цілі проектування та способів їх передбачення у галузях хімічної інженерії.

Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти з додатковим творчими завданнями, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання відповідно до критеріїв Української асоціації

хімічної і харчової інженерії (CFE-UA); Sustainable Process Integration Laboratory (SPIL) NETME Centre; Faculty of Mechanical Engineering Brno University of Technology – VUT Brno, Czech Republic; АТ «Співдружність – Т». Українська асоціація хімічної і харчової інженерії являється структурно складовою частиною Європейської федерації хімічної інженерії (EFCE). Українська асоціація хімічної і харчової інженерії сприяє співробітництву з EFCE між некомерційними професійними науково-технічними товариствами для загального розвитку хімічної та харчової промисловості і як засіб сприяння їх розвитку [12–34].

Висновки та перспективи подальшого розвитку.

Визначені основні складові формування у майбутніх фахівців сучасного рівня теоретичних знань і практичних навичок щодо аналізу та використання основ проектування обладнання енергоефективних хімічних виробництв у діяльності об'єктів різновидів галузей промисловості та опанування навичками їх практичного розв'язання.

Представлені можливості комплексного інноваційного навчання студентів можуть бути застосовані для різновидів галузей хімічної та харчової технології з урахуванням розвитку Європейської Федерації Хімічної Інженерії. Основною метою діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» є вирішення питань розвитку хімічної та харчової промисловості та співпраці з Європейською Федерацією Хімічної Інженерії, участь та організація Українських та Міжнародних наукових конференцій, семінарів, симпозіумів, обмін науковими досягненнями, організація виставок, екскурсійних відвідувань наукових цінностей членів Організації – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів харчової та хімічної інженерії.

Велике значення у вирішенні цієї проблеми відводиться підготовці відповідної науково-технічної літератури, що пояснює схему та логіку прийняття конструкторських та технологічних рішень, що містять приклади та необхідні довідкові дані. прийняті на етапі конструкторські та взаємопов'язані подальші технологічні рішення можуть і повинні змінюватися, коригуватись у ході їх здійснення на виконавчій фазі провадження [1–25].

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

Список літератури

1. ДСТУ 3321_2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. – [Чинний від 2003-12-08]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2005. 51 с.
2. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. Для студ. высш. учеб. заведений. Изд. Дом «Ин-Фолио», 2009. 640 с.
3. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах [текст] підр. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
4. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». 201 с.
5. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.:НТУ «ХПІ». 208 с.
6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
7. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
8. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнутова М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 342.
9. Ситник В.В., Яценко Б.С., Бухкало С.І., Сирку М.А., Касьян А.С., Оса О.В. Визначення експериментальних властивостей сировини у межах курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХПІ». С. 343.
10. Мальцева А.О., Бухкало С.І., Іглін С.П., та ін. Загальні умови процесів кристалізації цукру. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Х.: НТУ «ХПІ», с. 233.
11. Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II/за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ», с. 249.
12. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
14. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
15. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.І. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 160–166.
16. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 72–80.
17. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66–73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/186442>.
19. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaves and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
20. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
21. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
22. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) / Товажнянський Л.Л., Денисова А.Є., Демидов І.М., Капустенко П.О., Арсеньєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2016, 468 с.
23. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 1719 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
24. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Химич О.Ю. и др. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов. Вісник НТУ «ХПІ». 2012, № 10, с. 74–78.
25. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». Х.:, 2014. № 16. С. 3–11.
26. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Ольховська В.О., Зіпунніков М.М. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації

- післяспиртової барди. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 66–74. doi: 10.20998/22204784.2019.15.12
27. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi: 10.20998/22204784.2019.21.13
 28. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Зіпунніков М.М., Ольховська В.О., Сирку М.А. Аналіз можливостей регенерації етилового спирту у виробництві пектину. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 21(1346). – С. 19–30. doi: 10.20998/22204784.2019.21.04
 29. Бухкало С.І. Технологічні об'єкти утилізації модифікації полімерної тари та пакування. Збірник наукових праць XVII міжнародної наукової конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових і хімічних виробництв» 38 вересня 2018, м. Одеса. С. 140–142.
 30. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХПІ». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.
 31. Бухкало С.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХПІ». 2015. № 7 (1116), с. 103–108.
 32. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування. Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
 33. Бухкало С.І., Ігліні С.П., Кравченко В.О., Копейченко Є.А., Назаренко М.В. Приклади та задачі комплексного викладання дисципліни харчова хімія. Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 89–96.
 34. Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
- References (transliterated)**
1. DSTU 3321_2003 Sistema konstruktors'koї dokumentacii. Termini ta viznachennja osnovnih ponjat'. [Chinnij vid 2003-12-08]. Vid. of. K.: Derzhstandart Ukraїni, 2005. 51 p.
 2. Cherepashkov A.A., Nosov N.V. Komp'juternye tehnologii, modelirovanie i avtomatizirovannye sistemy v mashinostroenii: Ucheb. Dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij. Izd. Dom «In-Folio», 2009. 640 p.
 3. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah / Tovazhnjanskij 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. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoi literaturi»: 2011, 832 p.
 4. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18.05.2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 201 p.
 5. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Ol'hov's'ka O.I. ta in. Osoblivosti upravlinnja rozrobkami ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVI mizhn. n-pr. konf. MicroCAD-2018, 16–18 travnja 2018. Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. Kh.:NTU «KhPI». 208 p.
 6. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
 7. Bukhhalo S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». 217 p.
 8. Sirk M.A., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Miroshnichenko N.M., Shkredov I.S., Pahnutova M.I., Shevchuk T.R. Pitannja kompleksnogo viznachennja vlastivostej sirovini u mezah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 342.
 9. Sitnik V.V., Jacenko B.S., Bukhhalo S.I., Cirku M.A., Kas'jan A.S., Osa O.V. Viznachennja eksperimental'nih vlastivostej sirovini u mezah kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019: Ch. II / za red. prof. Sokola E.I. Kh.: NTU «KhPI», p. 343.
 10. Mal'ceva A.O., Bukhhalo S.I., Iglin S.P., ta in. Zagal'ni umovi procesiv kristalizacii cukru. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi nauko-vo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II./za red. prof. Sokola E.I. Kharkiv: NTU «KhPI», p. 233.
 11. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonmirnostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi nauko-vo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II/za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
 12. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 412 p.
 13. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
 14. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17-19 maja 2017. Kh.: Ch. III, – p. 14.
 15. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hov's'kaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak kom-plekse innovacionnih proektiv / S.I. Bukhhalo, A. V. Serikov, O.I. Ol'hov's'kaja i dr.// Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 160–166.
 16. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hov's'kaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatijah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». 2012. – № 10. – pp. 72–80.
 17. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2P138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
 18. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/186442>.

19. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaf and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
20. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiїv «Centr uchbovoї literaturi»: 2018, 108 p.
21. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalyu). 2-ge vid. dop.: ch. 2 [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiїv «Centr uchbovoї literaturi»: 2019, 108 p.
22. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) / Tovazhnjans'kij L.L., Bukhhalo S.I., Denisova A.C., Demidov I.M., Kapustenko P.O., Arsen'eva O.P., Bilous O.V., Ol'hov's'ka O.I. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiїv «Centr uchbovoї literaturi»: 2016, 468 p.
23. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17–19.05.17. Kh.: p. 14.
24. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Himich O.Ju. i dr. Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja kompleksnyh predpriyatij po pererabotke othodov. *Visnik NTU «KhPI»*. Kh., 2012, No. 10, pp. 74–78.
25. Bukhhalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. *Visnik NTU «KhPI»*. H.: NTU «KhPI». 2014. № 16. – pp. 3–11.
26. Bukhhalo S.I., Ol'hov's'ka O.I., Ol'hov's'ka V.O., Zipunnikov M.M. Doslidzhennja ta analiz innovacijnih zahodiv z tehnologii kompleksnoї utilizacii pisljaspirtovoї bardi. *Visnik NTU «KhPI»*. – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – No. 15(1340), pp. 66–74. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.12
27. Bukhhalo S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologij modifikovanih krohmaliv. *Visnik NTU «KhPI»*. – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13
28. Bukhhalo S.I., Ol'hov's'ka O.I., Zipunnikov M.M., Ol'hov's'ka V.O., Sirku M.A. Analiz mozhlivostej regeneracii etilovogo spirtu u virobnictvi pektinu. *Visnik NTU «KhPI»*. – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346). – pp. 19–30. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.04
29. Bukhhalo S.I. Tehnologichni ob'ekti utilizacii–modifikacii polimernoї tari ta pakuvannja. *Zbirknik naukovih prac' XVII mizhnarodnoї naukoivoї konferencii «Udoskonalennja procesiv i obladnannja harchovih i himichnih virobnictv» 3–8 veresnja 2018, m. Odesa*. pp. 140–142.
30. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. *Visnik NTU «KhPI»*. 2015. No. 7 (1116), pp. 103–108.
31. Bukhhalo S.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu. *Visnik NTU «KhPI»*. 2015. № 7 (1116), pp. 103–108.
32. Bukhhalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vikladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja – modeli programuvannja. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
33. Bukhhalo S.I., Iglin S.P., Kravchenko V.O., Kopejchenko C.A., Nazarenko M.V. Prikladi ta zadachi kompleksnogo vikladannja disciplini harchova himija. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 89–96.
34. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vikladannja disciplini osnovi proektuvannja obladnannja himichnih virobnictv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. *Visnik NTU «KhPI»*. 2022. № 2 (1364), pp. 13–22.

Надійшла (received) 19.10.2024

Відомості про авторів / About the Authors

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

S. I. BUKHKALO

BASICS OF DESIGNING CHEMICAL EQUIPMENT FOR ENERGY-EFFICIENT CHEMICAL PRODUCTIONS – GENERAL CHARACTERISTICS AND CAPABILITIES.

The materials of the article consider the possibilities for studying the goals and objectives of the discipline in order to form in students the necessary knowledge about the basics of designing equipment for energy-saving chemical productions: detailed consideration of the scientific justification; analysis, general characteristics and features of equipment design; selection of types of analysis methods for solving problems using innovative methods and programs, their features; study of possible causes of equipment inconsistency with the design goal and methods for their prediction. When writing the article, the experience of teaching the discipline “Fundamentals of Designing Chemical Production Equipment” at the National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” at the Department of Integrated Technologies, Processes and Devices in 2022-2024 was used. Complex systems for determining the components of the discipline have determined the competence and quality of the material, and the issues considered are overlooked through the prism of one's own creative perception, which makes the material especially valuable. Examples and some features of possible learning solutions are presented, which are based on experimental data on the development of mechanisms for identifying and classifying processes and their scientific justification in the form of intellectual property objects.

Keywords: design principles, models of chemical production and equipment, scientific justification of student training methods.

О. В. ЄФІМОВ, В. Л. КАВЕЦЕВ, А. В. ПОДОБІН, В. О. ДЯГІЛЄВ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ РЕМОНТІ АТОМНИХ ЕНЕРГОБЛОКІВ В СУЧАСНОМУ СВІТІ

В останні роки стрімкий розвиток технологій, у тому числі робототехніки, цифрових систем та сучасних методів діагностики, дозволяє не тільки підвищувати якість ремонтних програм, але й скорочувати термін реалізації ремонту обладнання та прогнозувати ремонтні програми з використанням мінімального ризику для персоналу який задіяний в процесі ремонту. Одним з таких методів є методологія RCM (Reliability Centered Maintenance/ Технічне обслуговування, орієнтоване на надійність) яка дозволяє визначити вимоги по технічному обслуговуванню та ремонту кожного виробничого об'єкту в конкретній робочій ситуації і об'єднує найбільш ефективні методики в єдиний механізм управління, який допомагає визначити оптимальну, гнучку стратегію технічного обслуговування і ремонту-надалі ТОiP

Ключові слова: ремонтний цикл, контроль характеристик, надійність обладнання, RCM, технічний стан обладнання, оцінка технічного стану обладнання, енергообладнання, ТОiP, парогенератор, станційні трубопроводи, парова турбіна, турбогенератор, блоковий трансформатор, генераторні вимикачі.

Вступ

Застосування методології RCM (Reliability Centered Maintenance/ Технічне обслуговування, орієнтоване на надійність) дозволяє ув'язати всі можливі сучасні методи обслуговування обладнання в єдиний механізм формування та оптимізації програми ТОiP, спрямованої на підтримку необхідного рівня надійності, а також забезпечення оптимальної вартості обслуговування та максимальної тривалості життєвого циклу виробничих активів.

Важливість RCM полягає в тому, що воно визнає вищу важливість наслідків відмов у порівнянні з технічними характеристиками. Приводом для виконання активного техобслуговування є не так попередження відмов як таких, але попередження або щонайменше «пом'якшення» їх наслідків, тобто ремонти практично проводяться «за фактом відмови», але проводяться вони не «на руїнах», а в самий останній момент, на поки що «живому» обладнанні.

Мета роботи

Аналіз та удосконалення методів існуючих ремонтних циклів на основі системи RCM яка дозволяє ув'язати всі можливі сучасні методи обслуговування обладнання в єдиний механізм формування та оптимізації програми ТОiP

Викладення основного матеріалу. Визначення та основні функції системи RCM

RCM – це систематизовані процедури визначення необхідних заходів, які гарантують, що будь-який виробничий об'єкт продовжуватиме виконувати ті функції, які необхідні власнику у поточній робочій ситуації.

Одним з основних завдань застосування RCM є створення структурованої бази знань про стан обладнання та процеси ТОiP. Важливість RCM полягає в тому, що воно визнає вищу важливість наслідків відмов у порівнянні з технічними характеристиками.

Приводом для виконання активного техобслуговування є не так попередження відмов як таких, але попередження або щонайменше

«пом'якшення» їх наслідків, тобто ремонти практично проводяться «за фактом відмови», але проводяться вони не «на руїнах», а в самий останній момент, на поки що «живому» обладнанні.

Обслуговування за надійністю (RCM) – це метод, використовуваний визначення набору впливів, які мають бути виконані у тому, щоб об'єкт продовжував виконувати свої виробничі функції, а обґрунтування вибору варіантів впливу: ТО, ремонт, реконструкція, заміна виробляється з історії устаткування.

Орієнтованість системи ТОiP на надійність означає структурування програми ТОiP на основі розуміння потреб та пріоритетів обладнання, а також обмежень за ресурсами (персонал та фінанси). ТОiP планується на будь-який період вперед, як правило, на рік, але в основі лежать не усереднені показники періодичності, а максимально можлива повна оцінка технічного стану конкретної одиниці техніки та оцінка ризиків, пов'язаних з ним.

У системі RCM гроші виділяються не так на ремонт, але в скорочення ризиків, що з кожної конкретної одиницею техніки. В основі успішного застосування RCM лежить адекватна, об'єктивна та всебічна оцінка технічного стану та ризику.

RCM зазвичай, розглядає наступні сім питань:

- Які функції об'єкта та стандартні технічні характеристики у існуючому операційному контексті?

- Яким чином об'єкт може відмовити, припинити виконувати свої функції?

- Які причини кожної функціональної відмови (що призводить до відмови)?

- Що відбувається у разі відмови (функції)?

- До яких наслідків приводить кожна відмова (чи є суттєві наслідки)?

- Чи можна зробити щось, щоб запобігти або спрогнозувати відмову чи несправність?

- Що робити, якщо запобігти чи спрогнозувати відмову не можна?

© Єфімов О.В., Каверцев В.Л., Подобін А.В., Дягілев В.О., 2024

RCM-підхід до організації ремонтів заснований на тому, що більшість дефектів, які можуть виникнути в процесі роботи обладнання, мають свої діагностичні ознаки та параметри, що інформують про те, що дефекти є, і здатні призвести до відмови роботи обладнання. Контроль та прогноз зміни параметрів, що діагностуються, дозволяє прогнозувати можливі несправності. Обслуговування за технічним станом передбачає, що з груп виробничих активів визначено контрольні параметри, значення яких заміряються у процесі моніторингу чи зняття показань датчиків. Для кожного контрольованого параметра прописані критичні точки, при досягненні яких потрібно розпочинати ремонтні роботи.

Аналіз технічного стану обладнання

Обладнання, що бере участь у технологічному процесі вироблення та передачі електричної та

теплової енергії, є основним елементом виробництва Енергоблоків, з метою визначення стану обладнання, ступеня його зносу та непридатності застосовують аналіз технічного стану обладнання. Технічний стан устаткування характеризується його фізичним і моральним зносом, рівнем застосування нової техніки, але це насамперед залежить від віку устаткування. Діагностика є процес визначення технічного стану обладнання в даний момент часу і заснована на застосуванні методів екстраполяції явищ на майбутній інтервал експлуатації за відомими результатами спостережень технічного стану за попередній період [1–9].

Безпека експлуатації основного енергетичного обладнання АЕС залежить від технічного стану основного й допоміжного устаткування та їх технологічної взаємодії [2–4].

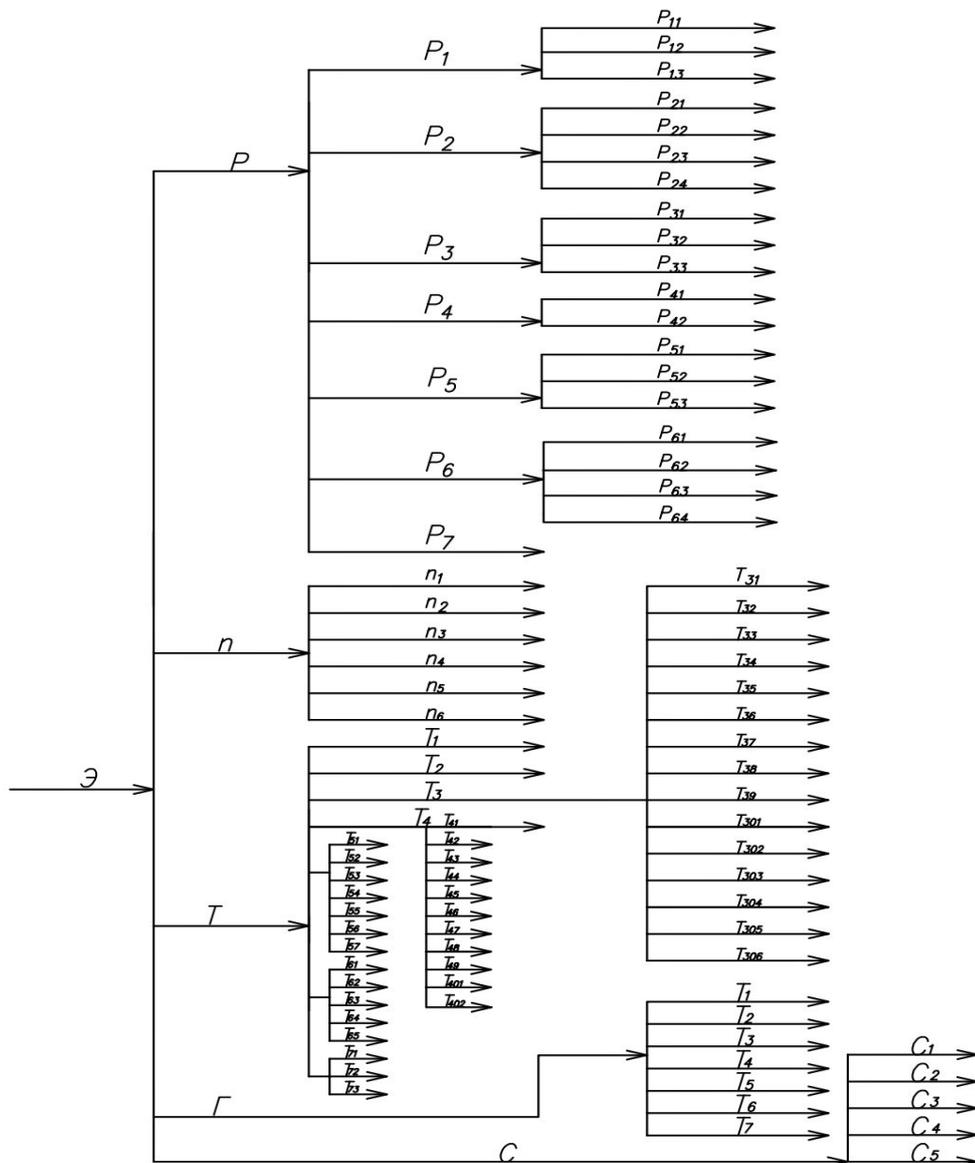


Рисунок 1– Структурна модель енергоблоку АЕС

На рис. 1 представлена структурна схема енергоблоку АЕС, яка включає в себе наступні складові:

- Енергоустановки в цілому (Е).
 - Реактор (Р), парогенератор (П), турбоагрегат (Т), генератор (Г), силові трансформатори (С).
 - Головний циркуляційний контур (Р1), теплообмінник САОЗ (Р2), спринклерна система (Р3), басейн витримки (Р4), вент-система (Р5), корпус реактора (Р6), система захисту та управління технологічними процесами (Р7);
 - Корпус парогенератора (П1), трубна система (П2), колектори (П3), всепараційні пристрій (П4), трубопроводи (П5), засувки (П6);
 - турбіна (Т1), конденсатор (Т2), система регенерації низького тиску (Т3), система регенерації високого тиску (Т4), сепаратор пароперегрівника (Т5), бойлерна установка (Т6), циркуляційна система (Т7);
 - власне генератор (Г1), збудник (Г2), системна система змащення (Г3), система охолодження (Г4), Газоохолоджувачі (Г5), трубопроводи зв'язку (Г6), арматура (Г7);
 - система охолодження (С1), електричні вивідні лінії (С2), опресовки (С3), система пожежогасіння (С4), система зливу та заповнення трансформатора маслом (С5).
- Трубопроводи в системі реактора (Р11), головні циркуляційні засувки (Р12), головний циркуляційний насос (Р13); корпус теплообмінника (Р21), електронагрівач (Р22), теплообмінник для охолодження води (Р23), засувки (Р24), насоси (Р33); система ТВЕЛів (Р41), насосна група (Р42), вентиляційна установка (Р51), зворотні і регулюючі клапани (Р52), теплообмінники для охолодження (Р53); внутрішньокорпусні пристрою реактора (Р61), робочі та захисні ТВЕЛі (Р62), система СУЗов (Р63), система регулювання концентрації бору (Р64); конденсатні насоси (Т31), клапан рециркуляції (Т32), ежектори (Т33), підігрівачі низького тиску (Т34), підігрівачі високого тиску (Т35), деаератор (Т36), живильний насос (Т37), трубопровід до живильного насоса (Т38), бустерний насос (Т39), охолоджувачі дренажів (Т301), трубопровід зв'язку (Т302), блокова знесолювальних установка (Т303), дренажні насоси (Т304), редуктори рівні конденсатора (Т305), засувки (Т306); турбоживильних насоси (Т41), бустерні насоси (Т42), турбіна приводная (Т43), підігрівачі високого тиску (Т44), охолоджувач дренажів (Т45), трубопроводи зв'язку основного конденсатора (Т46), трубопроводи зв'язку дренажів (Т47), арматура запірна (Т48), клапан рециркуляції (Т49), дренажів баки (Т401), насоси перекачування дренажу (Т402); корпус сепаратора-пароперегрівача (Т51), модулі трубої системи (Т52), дренажні насоси (Т53), клапани (Т54), трубопроводи зв'язку (Т55), дренажів трубопроводи (Т56);
- подогреватель мережної води (Т61), насоси мережної води (Т62), трубопроводи (Т63), арматура запірна (Т64), насоси дренажні (Т65);

– насоси циркуляційної системи (Т71), арматура запірна (Т72), система очищення конденсату (Т173).

При підготовці рішення про можливість та доцільність подальшої експлуатації основного обладнання та його складових частин необхідно використовувати наведену інтегральну класифікаційну бальну оцінку технічного стану обладнання, що діагностується. [6].

Бальна оцінка технічного стану обладнання

Бал Технічний стан обладнання що діагностується, подальша експлуатація обладнання та прогнозна оцінка (глибина прогнозу) наведена нижче:

1. Справне на момент контролю, але може перейти в несправне поза межами глибини прогнозу (6 тис. год. або 1 року) Допустима в межах 6 тис. год. або 1 рік Контроль технічного стану та/або проведення відновлювальних робіт не пізніше ніж через 6 тис. год. год або 1 рік роботи

2. Справне на момент контролю, але може перейти в несправне поза межами глибини прогнозу (15 тис. год. або 2 роки) Допустима в межах 15 тис. год. або 2 роки Контроль технічного стану та/або проведення відновлювальних робіт не пізніше ніж через 15 тис. год. год або 2 роки роботи

3. Справне на момент контролю, але може перейти в несправне поза межами глибини прогнозу (20 тис. год. або 3 роки) Допустима в межах 20 тис. год. або 3 років Контроль технічного стану та/або проведення відновлювальних робіт не пізніше ніж через 20 тис. год. год або 3 роки роботи

4. Справне на момент контролю, але може перейти в несправне поза межами глибини прогнозу (25 тис. год. або 4 років) Допустима в межах 25 тис. год. або 4 років Контроль технічного стану та/або проведення відновлювальних робіт не пізніше ніж через 25 тис. год. год або 4 роки роботи

5. Справне Допустима в межах 50 тис. год. або 8 років Контроль технічного стану не пізніше ніж через 50 тис. год. або 8 років роботи.

Прогнозованими діагностичними параметрами можуть бути:

– Експлуатаційні параметри, що вимірюються штатними приладами автоматичної системи управління технологічним процесом (АСК ТП), при цьому застосовується функціональна діагностика без виведення обладнання з експлуатації;

– параметри технічного стану, що вимірюються переносними приладами із зупинкою обладнання та/або частковим розбиранням.

Розрізняють такі основні напрями прогнозування:

– **експертні оцінки**, коли думки експертів щодо майбутнього стану обладнання збирають шляхом

опитування або анкетування, оброблюються та отримують прогноз.

- **аналітичний**, коли в результаті прогнозування визначається величина контрольованого параметра (параметрів), що характеризує технічний стан об'єкта у часі;

- **ймовірнісний**, коли в результаті прогнозування визначається ймовірність виходу (невиходу) параметра (параметрів) технічного стану за допустимі межі;

- **статистична класифікація** (розпізнавання образів), коли в результаті прогнозування визначається клас об'єкта, що діагностується, за критерієм працездатності.

Вихідними для проведення діагностики та прогнозування за будь-яким з методів є історія вимірювання параметрів у часі. Якщо інтервали між вимірами рівні, такий ряд вимірів називають тимчасовим. Деякі методи прогнозування вимагають, щоб ряд був саме тимчасовим – без перепусток значень з однаковими інтервалами часу. Більшість факторів, що впливають на надійність обладнання Енергоблоків, є випадковими, тому багато параметрів надійності мають ймовірнісний характер і для їх визначення використовується математичний апарат теорії ймовірностей та математичної статистики. Діагностику обладнання АЕС слід починати з визначення елементів устаткування, що найчастіше ушкоджуються і/або становлять найбільшу небезпеку, та їх вразливих зон. Ці елементи та вразливі зони встановлюються на основі досвіду експлуатації та/або аналізу напруженого стану та режимів експлуатації обладнання. В основному потенційно небезпечні елементи та їх уразливі зони для більшості технічних пристроїв Енергоблоків відомі. Для багатьох з них розроблено методи, порядок проведення та норми діагностики, детально описані у чинних нормативних документах [1, 7, 8, 9].

Технічна експертиза - це комплекс заходів, що проводяться з метою аналізу та оцінки стану обладнання та запобігання його несподіваному виходу з ладу. Технічна експертиза показує, наскільки обладнання відповідає встановленим нормам, що дозволяє визначити термін служби обладнання, можливість його продовження. При цьому визначається відповідність параметрів нормованим значенням місця і причини поломки обладнання, а також додатковий ресурс експлуатації до наступної експертизи або до виходу в ремонт або списання. Крім того, оцінюється потенційна безпека експлуатації обладнання.

Устаткування підлягає експертизі у випадках:

- відпрацювання встановленого автором проекту чи підприємством-виробником ресурсу експлуатації;

- відсутності встановленого ресурсу та перебування в експлуатації 20 років та більше;

- відсутності встановленого ресурсу та накопичення за час роботи 1000 та більше циклів малоциклових навантажень;

- тимчасового знаходження під впливом параметрів, які перевищують зазначені в технічних умовах (наприклад, під час пожежі чи аварії, зміни складу робочого середовища тощо);

- потреби перевірки додаткового чи залишкового ресурсу;

- виконання ремонту чи реконструкції, пов'язаних із відновленням елементів, що працюють під тиском;

- на вимогу органів Держтехнагляду.

У процесі технічної експертизи устаткування вирішуються такі питання:

- визначається стан відповідності параметрів технічного стану обладнання нормованим значенням;

- визначаються місця та причини псування обладнання;

- визначається додатковий ресурс експлуатації обладнання до наступної експертизи або ресурс експлуатації обладнання до виходу в ремонт або списання;

- оцінюється безпека експлуатації обладнання.

За результатами технічного діагностування та випробування обладнання приймаються рішення щодо відповідності обладнання заданим нормам та проектним даним, а також, за необхідності, про величину залишкового ресурсу обладнання. У тому випадку, коли обладнання, яке зазнавало експертизи, не відповідає зазначеним у технічній документації нормам, визначається обсяг ремонтно-відновлювальних робіт, після виконання яких може бути проведено повторне технічне діагностування обладнання. Для визначення оптимального графіка виведення в ремонт та скорочення необґрунтованих простоїв періодичності, необхідний збір усієї експлуатаційної інформації, тобто дані щодо відмов та їх усунення. Аналізуючи цю інформацію та згідно з нормативами, формується періодичність робіт з ТОіР.

Система пріоритетів при плануванні робіт по ОіР. Наявність пріоритетів є однією з необхідних умов ефективного функціонування системи планування технічного обслуговування та ремонту обладнання.

Максимальний пріоритет мають роботи з виконання приписів контролюючих та інспектуючих організацій, діагностики, технічного обслуговування та ремонту обладнання.

При визначенні пріоритетності робіт повинні використовуватися такі категорії пріоритетів у порядку зменшення значущості:

- **безпека** – заходи, спрямовані на виконання розпоряджень Державних органів нагляду, охорону праці, підтримання безпеки обладнання, екологічної безпеки, виконання вимог нормативно-технічної

документації (НТД);

- **живість** – виконання заходів, спрямованих на забезпечення роботи електростанції.

- **надійність** – виконання заходів, спрямованих на забезпечення роботи енергоблоку.

- **економічність** – виконання заходів, спрямованих на забезпечення техніко-економічних показників роботи обладнання.

- **інше** – роботи, які не потрапляють до попередніх категорій визначення пріоритетів відповідно до НТД.

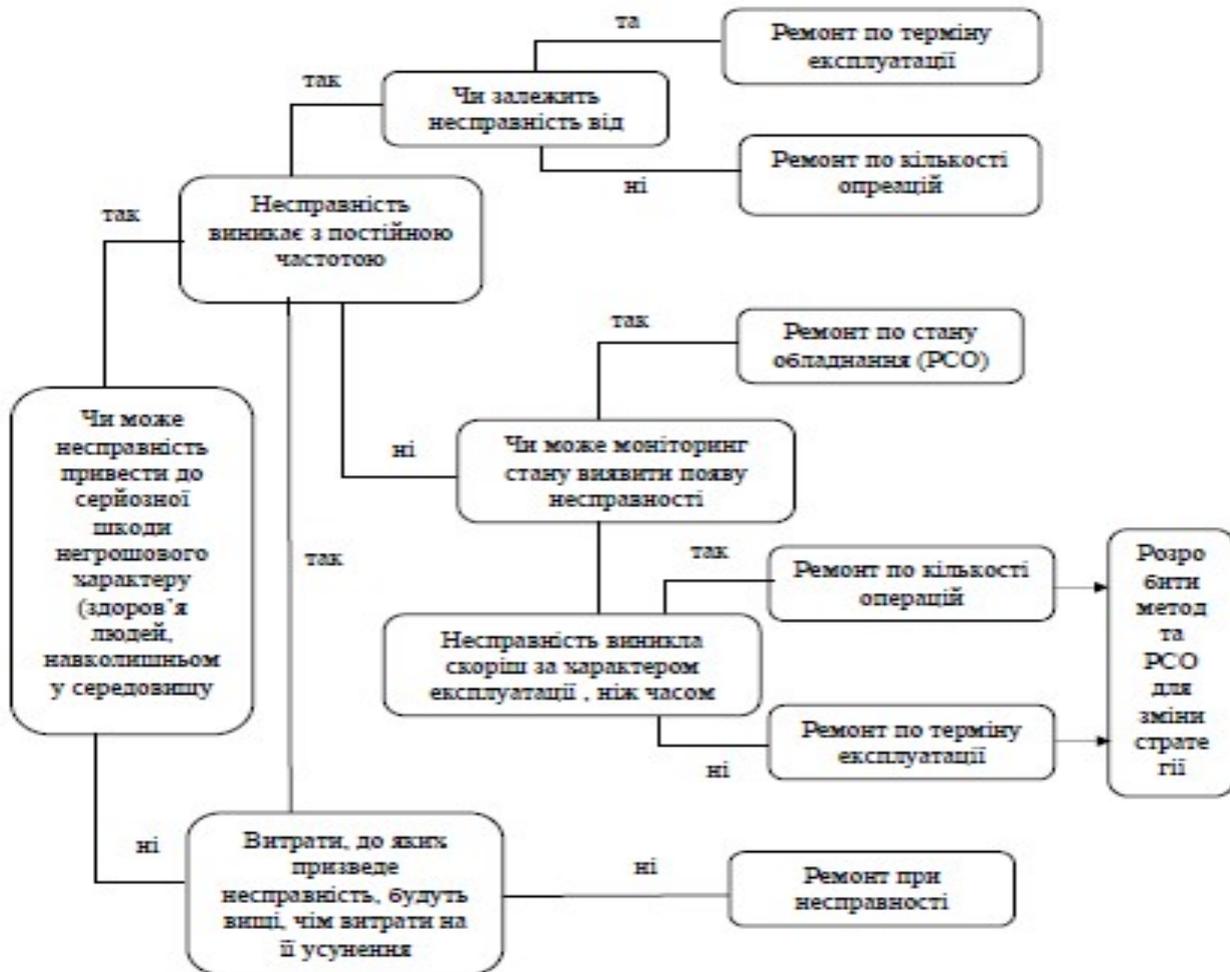


Рисунок 2 – Логічна блок-схема RCM-підходу

Під «живучістю» розуміють властивість об'єкта, що полягає в його здатності протистояти розвитку критичних відмов через дефекти та пошкодження при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту, або властивість об'єкта зберігати обмежену працездатність при впливах, не передбачених умовами експлуатації, або властивість об'єкта зберігати обмежену працездатність при наявності дефектів або пошкоджень певного виду, а також при відмові деяких компонентів.

Під «надійністю» розуміють властивість об'єкта зберігати у часі у встановлених межах

значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції у заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

Прогнозування технічного стану обладнання.

Для виявлення механізмів виникнення ушкоджень повинні використовуватися всі відомості, одержані безперервною, періодичною діагностикою та експертизою технічного стану обладнання. Залежно від обсягу та характеру наявних вихідних даних для прогнозування залишкового ресурсу можуть застосовуватися статистичні чи

екстраполяційні методи. Вид математичної моделі для прогнозування вибирається, виходячи з виду переважаючого механізму руйнування, рівня та характеру навантажень, вихідними даними визначення залишкового ресурсу елементів устаткування є:

- умови експлуатації за весь попередній термін служби (фактична температура, напрацювання за всі роки експлуатації, коливання тиску та кількість пусків із різних теплових станів);

- геометричні розміри елементів енергообладнання та динаміка їх змін за попередній термін служби;

- механічні та жароміцні властивості тривалої роботи металу, структурний стан і структурно-фазовий стан металу, мікроушкодженість на момент продовження терміну його служби;

- результати дефектоскопічного контролю;

- наявність та глибина корозійних виразок та інших дефектів, швидкість корозії, кількість відкладень;

- інші додаткові дані, характерні для конкретного елемента обладнання

За підсумками аналізу вихідних даних, і результатів розрахункової оцінки ресурсу виробляється інтегральна класифікаційна оцінка з урахуванням результатів проведеної оцінки ризику експлуатації обладнання виконується коригування зробленого прогнозу [7-9].

Система планування робіт з технічного обслуговування.

Враховуючи першочерговість забезпечення високої надійності роботи обладнання, особливе значення має раціональне планування профілактичних робіт з ТО та підвищення надійності. Планування робіт з ТО має забезпечувати високопродуктивне використання робочого дня за всієї різноманітності робіт і складності умов, у яких вони проводяться, т. е. необхідно забезпечити мінімум витрат часу й ресурсів, кожна з робіт має бути пов'язана з певними термінами виконання, зумовленими неоднаковою інтенсивністю експлуатації обладнання, його фактичним технічним станом, по кожному виду обладнання мають бути передбачені групи робіт, що виконуються з різною періодичністю.

Дати їх виконання повинні встановлюватись планом-графі кому процесу ТО. Плани-графіки повинні складатися з урахуванням раціонального поєднання окремих видів робіт, місцевих умов тощо, роботи, що включаються в план-графік, повинні плануватися таким чином, щоб проміжки часу між одними і тими ж роботами були рівними і не перевищували встановленої періодичності, а роботи, технологічно пов'язані між собою, виконувались одночасно.

Для складання нормованих графіків технічного обслуговування обладнання повинні застосовуватись затверджені типові норми часу, а за відсутності типових норм часу на окремі види робіт допускається

встановлювати місцеві норми, що затверджуються в установленому порядку. Для виконання окремих робіт із застосуванням засобів механізації або залученням висококваліфікованих працівників можуть бути створені спеціалізовані бригади, які працюють за окремим графіком, що затверджується керівництвом ТЕС з урахуванням переліку та періодичності виконуваних робіт, передбачених інструкцією з технічного обслуговування. З урахуванням великої невизначеності робіт та умов їх виконання планування ведуть поетапно: річне (план-графік робіт на рік і чотиритижневий план-графік технологічного процесу) та оперативне. Такий підхід забезпечує послідовне наближення до кінцевого плану шляхом поетапного розподілу робіт у часі зі зростаючою точністю. Річне планування забезпечує облік всього відомого заздалегідь обсягу робіт та його раціональний розподіл. Оперативне планування дозволяє раціонально розподіляти запланований обсяг робіт відповідно до умов, що змінюються в поточному місяці. Воно передбачає складання та коригування оперативного плану, взаємопов'язаного з річним та чотиритижневим планами-графіками. Крім того, оперативний план раціонально розподіляє невідомий заздалегідь обсяг робіт на додаток до робіт місячного плану-графіка. Методика планування зводиться до складання трьох взаємозалежних планів: плану-графіка робіт на рік, місячного плану-графіка та оперативного плану роботи на місяць.

Висновки

Модель підходу RCM визначення та планування ТОiP обладнання включає новітній підхід до надійності загальної моделі опрацювання усіх етапів аналізу та прийому рішень щодо пріоритетів ремонтних циклів. При використанні даної моделі можливо суттєво знизити ризики виходу зі строю як окремого обладнання, так і загальної групи основного та допоміжного обладнання в цілому, а також знизити вартість ремонтних програм та термін їх реалізації.

Список літератури

1. Галузевий керівний документ (ГКД 34.20.661-2003) «Правила організації технічного обслуговування та ремонту обладнання, будівель і споруд електростанцій та мереж». Міністерство палива та енергетики України 2004.
2. Yefimov O.V. Reactors and steam-generators of NPP power units: schemes, processes, materials, constructions, models / O.V. Yefimov, M.M. Pylypenko, T.V. Ponanina, T.A. Harkusha. / Kharkiv: – “V Spravi” – 2017. – 420 p. (Ukr)
3. ГКД 34.20.661-2003 Правила організації технічного обслуговування та ремонту обладнання будівель і споруд електростанцій та мереж (в редакції наказу від 15.03.2019 № 124) ДП «Львівське конструкторське бюро» 2019р.
4. O. Yefimov, M. Pylypenko, T. Potanina, at al. Materials and decision support systems in the nuclear power industry.

- LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020, 135 p.
5. Энергетика. История, современность и будущее. Развитие атомной энергетики та об'єднаних енергосистем / К.Б. Денісевиц, Ю.О.Ландау, В.О. Нейман, В.М. Сулейманов, Б.А.Шіляєв. – К, 2013, 304 с.
 6. Russell Rhinehart R. Nonlinear Regression Modeling for Engineering Applications. Modeling, Model Validation, and Enabling Design of Experiments. John Wiley & Sons Limited, 2016. 403 p.
 7. Report on the state of nuclear and radiation safety in Ukraine in 2017. – URL: <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/doccatalog/document/id=389980>. (Ukr)
 8. Report on the state of nuclear and radiation safety in Ukraine in 2017. – URL: <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/doccatalog/document/id=389980>. (Ukr)
 9. Стратегія розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2035 року. http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=99111
 3. GKD 34.20.661-2003 Pravila organizacii tehnicnogo obslugovuvannya ta remontu obladnannya budivel' i sporud elektrostancij ta merezh (v redakcii nakazu vid 15.03.2019 № 124) DP «L'vivs'ke konstruktors'ke bjuro» 2019r.
 4. O. Yefimov, M. Pylypenko, T. Potanina, at al. Materials and decision support systems in the nuclear power industry. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020, 135 p.
 5. Energetika. Istorija, suchasnist' i majbutne. Rozvitok atomnoi energetiki ta ob'ednanih energosistem / K.B. Denisevich, Ju.O.Landau, V.O. Nejman, V.M. Sulejmanov, B.A.Shiljaev. – K, 2013, 304 s.
 6. Russell Rhinehart R. Nonlinear Regression Modeling for Engineering Applications. Modeling, Model Validation, and Enabling Design of Experiments. John Wiley & Sons Limited, 2016. 403 p.
 7. Report on the state of nuclear and radiation safety in Ukraine in 2017. – URL: <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/doccatalog/document/id=389980>. (Ukr)
 8. Report on the state of nuclear and radiation safety in Ukraine in 2017. – URL: <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/doccatalog/document/id=389980>. (Ukr)
 9. Стратегія розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2035 року. http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=99111

References (transliterated)

1. Galuzevij kerivnij dokument (GKD 34.20.661-2003) «Pravila organizacii tehnicnogo obslugovuvannya ta remontu obladnannya, budivel' i sporud elektrostancij ta merezh». Ministerstvo paliva ta energetiki Ukraїni 2004.
2. Yefimov O.V. Reactors and steam-generators of NPP power units: schemes, processes, materials, constructions, models / O.V. Yefimov, M.M. Pylypenko, T.V. Ponanina, T.A. Harkusha. / Kharkiv: – “V Spravi” – 2017. – 420 p. (Ukr)

Надійшла (received) 19.10.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Єфімов Олександр В'ячеславович (Yefimov Olexandr) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: AVEfimov22@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3300-7447>.

Кавертцев Валерій Леонідович (Kavertsev Valerii) – кандидат технічних наук, доцент кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: kavertseff@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9472-1658>.

Подобін Андрій Васильович (Podobin Andriy) – аспірант кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: IPodobin.ua@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/my-orkid?orkid=0009-0007-3361-8527>

Вадим Дягілев (Vadym Diaghilev) – аспірант кафедри парогенераторобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: dyaga.v@gmail.com, orcid 0000-0001-6823-7221

O. V. YEFIMOV, V. L. KAVERTSEV, A. V. PODOBIN, V. O. DIAGHIYEV

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN REPAIR OF NUCLEAR POWER UNITS IN THE MODERN WORLD

In recent years, the rapid development of technologies, including robotics, digital systems and modern diagnostic methods, allows not only to improve the quality of repair programs, but also to reduce the time for equipment repair and to predict repair programs with minimal risk to personnel involved in the repair process. One of these methods is the RCM (Reliability Centered Maintenance) methodology, which allows you to determine the requirements for maintenance and repair of each production facility in a specific operating situation and combines the most effective methods into a single management mechanism that helps determine the optimal, flexible maintenance and repair strategy - hereinafter referred to as TOiP.

Keywords: repair cycle, performance control, equipment reliability, RCM, technical condition of equipment, assessment of the technical condition of equipment, power equipment, TOiP, steam generator, station pipelines, steam turbine, turbogenerator, block transformer, generator circuit breakers.

Д. А. КРАТ, В. М. САВИК, С. І. БУХКАЛО, О. О. АГЕЙЧЕВА,

ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ЗА ОЦІНКОЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГЕРМЕТИЗУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОТИВИКИДНОГО МЕХАНІЗМУ

У матеріалах статті розглянуті приклади розрахунків та вибору технічного рішення з модернізації конструкції: удосконалено плашковий превентор встановленням показника, за яким можна спостерігати за положенням поршня превентора; проведена оцінка надійності противикидного обладнання, що використовується при бурінні свердловин. При запровадженні модернізованої конструкції універсального превентора забезпечується підвищення надійності роботи, міжремонтного ресурсу, довговічності й ремонтпридатності превентора. Про достовірність отриманих результатів свідчить їх взаємоузгодженість, відповідність літературним даним, кореляція теоретичних розрахунків з результатами експериментальних досліджень і позитивні результати промислових випробувань. Отримані результати корелюються з відомими раніше, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в роботі.

Ключові слова: технологічний комплекс буріння, розрахунки та технічні рішення, технічна доцільність, методи, дослідження.

Вступ.

Вирішення одного із актуальних наукових завдань сучасної нафтогазової інженерії та технології можна визначити як:

- класифікація-ідентифікація можливостей створення наукового підґрунтя з підвищення фонтанної безпеки процесу буріння;

- освоєння свердловини шляхом оцінки технічного стану герметизуючих елементів противикидного обладнання як підтвердження актуальності проблеми;

- визначення необхідності подальших науково-дослідницьких робіт, направлених на удосконалення конструкції універсального превентора з метою підвищення терміну його служби, міжремонтного ресурсу, довговічності й ремонтпридатності превентора.

З вказаними напрямками проаналізовано важливі фактори впливу на порівняльно-критичний аналіз складових дослідження: проведено порівняльно-критичний аналіз бурового обладнання та превенторів для герметизації гирла свердловини, обґрунтовано вибір бурової установки та противикидного обладнання. Проведені дослідження можна описати за ієрархією призначення, будови та комплектності, а також принцип дії вибраного обладнання за обраним описовим алгоритмом дії.

Особливої уваги потребує проведене обґрунтування доцільності та економічної ефективності введення запропонованих технічних рішень з модернізації універсального превентора, запропонована модернізована конструкція універсального превентора ПУГ-230х350 із показником переміщення ущільнювальної манжети, обґрунтовано її технічну доцільність.

Постановка комплексу науково-практичного дослідження.

Створення наукового підґрунтя застосування результатів дослідження пов'язане з дослідно-конструкторською роботою – проаналізовано лабораторно-експериментальні дослідження з

роботи противикидного обладнання, які були отримані в процесі виконання робіт, а також з проведенням розрахунків на довговічність, міцність та жорсткість деталей модернізованого універсального превентора.

Сучасний розвиток технологій буріння і проводки, пов'язаний з комплексом робіт монтажу та підготовки до експлуатації модернізованого обладнання визначено як технічні заходи з обслуговування та ремонту противикидного обладнання, проаналізовані потенційні небезпеки при експлуатації противикидного обладнання, а також методи і засоби для забезпечення нормальних умов праці, наведені інженерні розрахунки.

Складові алгоритму дослідно-конструкторської роботи розвинене як аналіз одержаних результатів з визначення раціональних або оптимальних конструктивних та експлуатаційних рішень.

Ієрархія досягнення цієї мети зумовила необхідність проведення розрахунків для вибору ієрархії технологічного комплексу для буріння свердловини глибиною 5600 м. бурова установка БУ 5000 ЕУ.

За найбільшим тиском на гирлі свердловини вибрана схема превенторної установки із трьома превенторами і трьома лініями маніфольда ОП-230х350.

Встановлено, що недоліком універсального превентора-аналога є неможливість визначення ходу ущільнювача і величини його зносу, що суперечить вимогам безпеки праці.

Це обумовлено тим, що превентори такого типу передбачають можливість проведення операцій розходжування і провертання труб при закритому ущільнювачі, що призводить до зносу останнього і, відповідно, до збільшення ходу поршня (табл. 1).

© Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О., 2024

При граничній величині зносу ущільнювача ходу поршня буде недостатньо для закриття ущільнювача і герметизації гирла, що може призвести до відкритого фонтану. Тому відсутність у превенторі покажчика, що забезпечує контроль стану та величини ходу поршня, знижує безпеку його експлуатації.

1. Аналіз можливостей складових дослідження за ієрархією класифікації-ідентифікації різновидів джерел інформації.

Кінематична схема вибраної бурової установки складається із кінематичної схеми спуско-підйомного агрегату ЛБУ-1100М і кінематичної схеми приводу

лебідки та бурових насосів. Привід ротора здійснюється від окремого електродвигуна постійного струму, який встановлений нижче підлоги основи бурової вежі на спеціальних балках. Привід здійснюється карданним валом, який з'єднується шарнірами з валом електродвигуна і приводним валом ротора.

Враховуючи, що максимальний тиск на гирлі при бурінні свердловини № 15 Західно-Співаківської площі складатиме 35 МПа, для об'язки гирла свердловини вибираємо схему превенторної установки із трьома превенторами і трьома лініями маніфольда ОП-230х350 (рис. 1) [24].

Таблиця 1 – Вибір загальних характеристик ієрархії наукового обґрунтування складових видобутку

№	Класифікація-ідентифікація стадій дослідження за темою
1	Вибір та опис технологічного обладнання. 1.1 Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання 1.2 Конструктивні особливості універсального превентора ПУГ-230х350..
2	Опис технічної пропозиції 2.1 Опис модернізованої конструкції 2.2 Оцінка економічної ефективності
3	Дослідно-конструкторська робота 3.1 Визначення і опис основних параметрів роботи запропонованого технічного рішення, які вимагають проведення науково-дослідних робіт 3.2 Вибір методів досліджень основних параметрів 3.3 Обґрунтування і опис конструкції лабораторної установки 3.4 Аналіз одержаних результатів та визначення раціональних або оптимальних конструктивних та експлуатаційних рішень
4	Розрахунки працездатності 4.1 Розрахунок засувки маніфольда противиکیدного обладнання 4.2 Розрахунок болтів кріплення кришки універсального превентора 4.3 Розрахунок зусилля закривання превентора 4.4 Розрахунок покажчика положення ущільнювальної манжети. 4.5 Розрахунок шпильок для кріплення фланця при проведенні опресування корпусу універсального превентора на міцність
5	Монтаж і експлуатація обладнання 5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу обладнання 5.2 Експлуатація та ремонт обладнання 5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації проти викидного обладнання
6	Висновки за аналізом отриманих результатів, перспективи розвитку за синергетичною безпечною діяльністю.

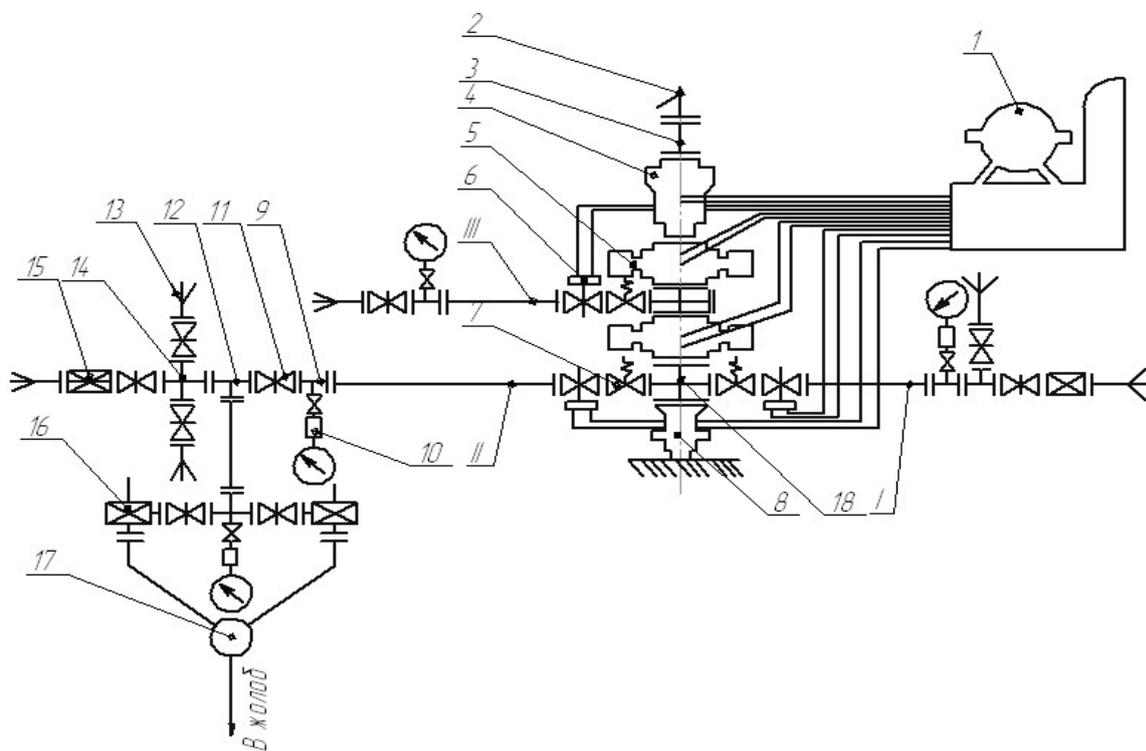


Рисунок 1. – Схема превенторної установки ОП-230х350: I – лінія глушіння; II – лінія дроселювання; III – резервна лінія; 1 – установка гідравлічного управління; 2 – жолоб роз'ємний; 3 – фланцева котушка; 4 – універсальний превентор; 5 – плашковий превентор; 6 – засувка прямоочна гідропривідна; 7 – відсікач; 8 – колонна головка; 9 – фланець; 10 – роздільник; 11 – засувка прямоочна; 12 – трійник; 13 – з'єднання швидкознімне; 14 – хрестовина; 15 – штуцер швидкоз'ємний; 16 – штуцер регулюючий; 17 – камера відбійна; 18 – хрестовина гирлова

Проблеми дослідження.

2. Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання.

Згідно вибраної схеми на колонній головці встановлюється гирлова хрестовина 18, два плашкових превентори 5, розділених між собою хрестовиною, і універсальний превентор 4. Маніфольд превенторної установки має три струни I, II і III. Маніфольд превенторної установки складається із гідропривідних засувок 6, засувок 11 із ручним управлінням, регулюючих 16 і швидко знімних 15 штуцерів, вентилів з манометрами, хрестовин, катушок, трійників і т. д. Регулюючі штуцери 16 із відбійною камерою 17 встановлюються на нижній струні, нижче першого плашкового превентора. При такому розміщенні регулюючих штуцерів забезпечується більша надійність проти викидного обладнання, так як при закриванні нижнього превентора верхній не піддається дії робочого середовища із свердловини. При виході з ладу ущільнювачів нижнього превентора верхній може перекрити гирло свердловини [28].

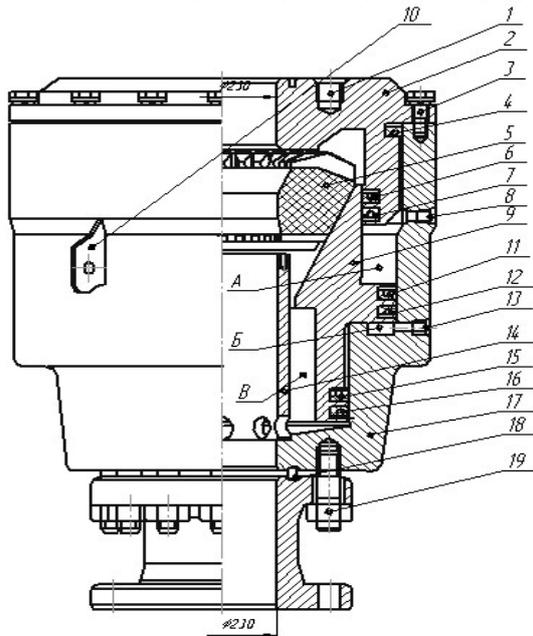


Рис. 2 – Універсальний превентор ПУГ-230х350:

1 – отвір для шпильки; 2 – кришка; 3 – болти стопорні; 4 – манжета; 5, 6, 7, 11, 12, 15, 16 – ущільнювальні манжети; 8, 13 – отвори для штуцерів; 9 – поршень; 10 – проушини; 14 – запобіжна втулка; 17 – корпус; 18 – металеве ущільнювальне кільце; 19 – кріпильні елементи

Універсальний превентор ПУГ-230х350 (рис. 2), який входить в склад превенторної установки ОП-230х350, володіє ширшими можливостями порівняно із плашковим превентором. Він призначений для герметизації гирла навколо будь-якої частини бурильної колони: труб, замка складного перетину (труба-замок), а також для повного перекриття

свердловини при відсутності в ній інструмента. Разом з тим універсальний превентор дозволяє, зберігаючи герметичність гирла свердловини, повертати бурильну колону і протягувати труби разом із муфтами і бурильними замками. Корпус 17 представляє собою сталеву відливку ступінчастої циліндричної форми із опорним фланцем і шпильками 19 для кріплення превентора, проушинами 10 для його підвішування при монтажно-демонтажних роботах і транспортуванні.

Між корпусом, кришкою і поршнем утворюються порожнини А і Б, які з'єднані за допомогою штуцерів, що встановлюються в отвори 8 і 13, та трубопроводів з гідравлічною системою управління проти викидного обладнання. При нагнітанні мастила із системи гідравлічного управління в порожнину Б поршень переміщується вгору і внутрішнім конусом стискає ущільнювальну манжету в радіальному напрямі. Внаслідок деформації прохідний отвір манжети повністю закривається. При наявності інструменту манжета обтискає його і перекриває переріз між превентором та інструментом. Тиск мастила, яке нагнітається в превентор, встановлюється регулюючим клапаном системи гідравлічного управління.

Для усунення витікання мастила використовуються само ущільнювальні манжети 6, 7, 11, 12, 15, 16 і ущільнювальні кільця 18. Ущільнювальна манжета утримується в закритому стані зусиллям, яке створюється гирловим тиском у свердловині на площу поршня в порожнині В превентора. Превентор відкривається внаслідок нагнітання мастила в порожнину А і при одночасному зливанні із порожнини Б. Під тиском мастила в порожнині А поршень переміщується вниз і звільнює манжету, яка розтискається завдяки власній пружності. Розрахунковий час закривання універсального превентора не повинен перевищувати 30 с. Ущільнювальна манжета (рис. 3) має форму масивного гумового кільця, армованого металевими вставками двотаврового перетину для жорсткості і зниження зносу ущільнювача.

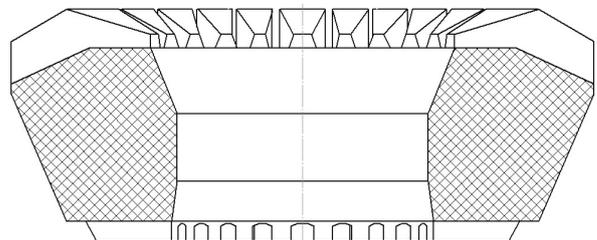


Рис.3 – Ущільнювальна манжета превентора ПУГ-230х350

Згідно ОСТУ 26-02-1366—96 ущільнювальна манжета універсального превентора повинна дозволити:

- протягання колони труб загальною довжиною не менше 2000 м при тиску зі свердловині не більше 10 МПа із замковими або муфтовими з'єднаннями із спеціальними знятими фасками під кутом 18°;
- розходження і провертання колони;
- відкриття і закриття превентора на розрахункове число циклів;
- швидко заміну ущільнювальної манжети без демонтажу превентора.

Недоліком універсального превентора-аналога є неможливість визначення ходу ущільнювача і величини його зносу, що суперечить вимогам безпеки праці. Це обумовлено тим, що превентори такого типу передбачають можливість проведення операцій розходження і провертання труб при закритому ущільнювачі, що призводить до зносу останнього і, відповідно, до збільшення ходу поршня. При граничній величині зносу ущільнювача ходу поршня буде недостатньо для закриття ущільнювача і герметизації гирла, що може призвести до відкритого фонтану. Тому відсутність у превенторі показника, що забезпечує контроль стану та величини ходу поршня, знижує безпеку його експлуатації. В наступних розділах магістерської роботи для усунення даних недоліків модернізується конструкція універсального превентора.

3. Експериментально-практичні засади вибору технології та визначення складових – опис модернізованої конструкції.

З метою підвищення ефективності роботи універсального превентора ПУГ-230х35 при герметизації гирла свердловини як з бурильними трубами, так і без них, в даній магістерській роботі пропонується виготовити показник, за яким можна спостерігати за положенням поршня превентора, який в свою чергу буде показувати положення ущільнювальної манжети, знос цих деталей, а отже можна буде точніше визначити час, коли потрібно провести ремонт та не допустити великий знос деталей, що в свою чергу може привести до аварій та небезпечних ситуацій на буровій установці, щоб запобігти великим матеріальним втратам, а іноді й людським втратам. На рисунку 2.1 показаний загальний вигляд (розріз) універсального превентора після модернізації.

Модернізований превентор (рис. 4) містить корпус 1 з центральним прохідним отвором 2 для пропуску труб, циліндричну порожнину 4, в якій розміщений поршень 5 і штуцери 7 і 8 для подачі або скидання гідравлічного тиску. На корпусі 1 встановлена кришка 9 з центральним отвором 10, що кріпиться до корпусу 1 кріпильними елементами 11. У порожнині 12 кришки 9 розміщена ущільнювальна манжета 13. У отворі 3 корпусу 1 встановлений показник положення 6 ущільнювальної манжети, який розташований в корпусі 14, де виконані вікна 15 для контролю за його переміщенням. На зовнішню поверхню корпусу нанесена риска 16, що визначає положення торця 17 показника положення

ущільнювальної манжети при максимально допустимому спрацюванні робочої кромки манжети 13.

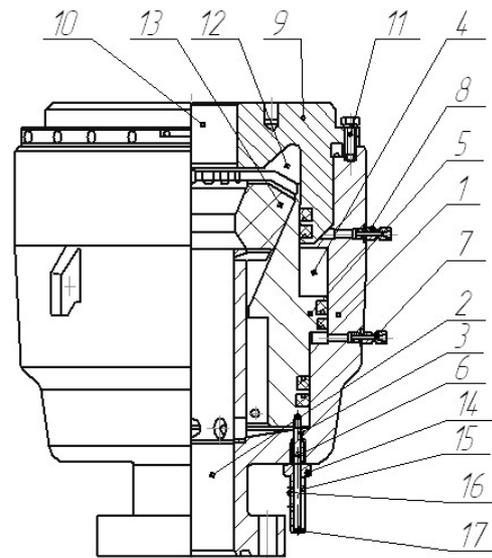


Рис. 4 – Модернізований універсальний превентор ПУГ-230×35:

- 1 – корпус; 2 – прохідний отвір; 3 – отвір у корпусі; 4 – циліндрична порожнина; 5 – поршень; 6 – показник положення ущільнювальної манжети; 7, 8 – штуцери; 9 – кришка; 10 – центральний отвір кришки; 11 – кріпильні елементи; 12 – порожнина кришки; 13 – ущільнювальна манжета; 14 – корпус показника; 15 – вікна; 16 – риска; 17 – торець показника

Превентор працює таким чином. При проведенні спуско-піднімальних операцій на гирлі свердловини колону труб з інструментом опускають через центральний отвір 10 кришки 9, ущільнювальну манжету 13 і центральний отвір 2 корпусу 1. Превентор при цьому відкритий, а ущільнювальна манжета 13 є прохідною і знаходиться в недеформованому стані.

Для герметизації гирла свердловини подають рідину через штуцер 7 для створення тиску під поршнем 5. Під дією тиску рідини поршень піднімається вгору, ущільнювальна манжета 13 при переміщенні охоплює спущену колону труб внаслідок звуження сферичної частини поршня. Показник положення 6 переміщається разом з поршнем 5, і отже, за ущільнювальною манжетою 13 та сигналізує про збільшення ходу поршня 5, що виникає при зносі робочої кромки манжети 13, і дозволяє оцінити зношення шляхом порівняння положення торця 17 показника положення щодо риски 16. У разі, коли при ході поршня 5 торець 17 показника положення 6 збігається з рисою 16 – це означає остаточне зношення робочої кромки ущільнювальної манжети 13, яку необхідно замінити.

4 Оцінка економічної ефективності.

Згідно з діючою методикою встановлення економічної ефективності впровадження нової

техніки в нафтогазовій галузі річний економічний ефект від виробництва і використання нового обладнання, машин, інструментів та інших засобів праці довгострокового використання з покращеними якісними характеристиками визначається за такою формулою

$$E = \left[C_{AT} \cdot k_1 \cdot k_2 + \frac{\Delta I - E_n \cdot (K'_2 - K'_1)}{(1/T_2) + E_n} - C_{HT} \right] \cdot n, \text{ грн.}, (1)$$

де C_{AT} та C_{HT} – балансова вартість базової і модернізованої техніки відповідно, тис. грн.;

k_1 – коефіцієнт зростання продуктивності праці за варіантом модернізації;

k_2 – коефіцієнт зміни строків служби;

ΔI – економія експлуатаційних витрат, грн.

E_n – єдиний нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,15$);

K'_1, K'_2 – сукупні капітальні вкладення бурового підприємства, що включають витрати на придбання і доставку додаткового комплектуючого обладнання (в даному випадку $K'_2 - K'_1 = 0$);

T_1, T_2 – строк служби техніки ($T_1 = 8$ років, $T_2 = 10$ років);

n – річний обсяг виробництва (впровадження) нового обладнання в натуральних одиницях, $n = 1$.

Висновки та перспективи подальшого розвитку ісрархії комплексних складових інноваційного дослідження.

Проведений розрахунок та вибраний технологічний комплекс для буріння свердловини глибиною 5600 м. бурова установка БУ 5000 ЕУ, та за найбільшим тиском на гирлі свердловини вибрана схема превенторної установки із трьома превенторами і трьома лініями маніфольда ОП-230х350. Встановлено, що недоліком універсального превентора-аналога є неможливість визначення ходу ущільнювача і величини його зносу, що суперечить вимогам безпеки праці. Це обумовлено тим, що превентори такого типу передбачають можливість проведення операцій розходження і повертання труб при закритому ущільнювачі, що призводить до зносу останнього і, відповідно, до збільшення ходу поршня.

При граничній величині зносу ущільнювача ходу поршня буде недостатньо для закриття ущільнювача і герметизації гирла, що може призвести до відкритого фонтану. Тому відсутність у превенторі покажчика, що забезпечує контроль стану та величини ходу поршня, знижує безпеку його експлуатації.

Обґрунтована доцільність та економічна ефективність введення запропонованих технічних рішень з модернізації універсального превентора. Суть технічного рішення з модернізації універсального превентора полягає в тому, що порівняно з аналогом у модернізованому превенторі

в отворі корпусу встановлений показник положення ущільнювальної манжети, де виконані вікна для контролю за його переміщенням. На зовнішню поверхню корпусу нанесена

Представлені можливості комплексного інноваційного дослідження можуть бути застосовані для різновидів галузей сучасної інженерії з урахуванням розвитку діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» (представництво на кафедрі ІТПА НТУ «ХП») – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів хімічної інженерії [18–36].

Список літератури

1. Витрик В.Г., Кондратьєва А.В., Селинный М.Ю., Галушка Р.Н. Практика розробки виснажених нафтових родовищ України за допомогою технології направленої буріння (2017). Нафтогазова інженерія. Число 2. 19-26.
2. Технологія і техніка буріння / В.С. Войтенко, В.Г. Вітрик, Р.С. Яремійчук, Я.С. Яремійчук // Львів: Центр Європи, 2012.
3. Орловський В. М., Білецький В. С., Сіренко В. І. Нафтогазовилучення з важкодоступних і виснажених пластів. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, НТУ «Харківський політехнічний інститут», ТОВ НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ – 2000», 2023. – 312 с.
4. Агейчева О.О., Зезекало І.Г., Бухкало С.І. Загальні системи аналізу віддачі пластів свердловин. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 103.
5. Зезекало І.Г., Іваницька І.О., Агейчева О.О. Основні принципи відновлення продуктивності свердловин закольматованих у процесах буріння та експлуатації методом кислотних обробок. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2020. – № 6 (1360). – С. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
6. Зезекало І.Г., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Деякі задачі з підвищення віддачі пластів свердловини. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 149.
7. Svitlana Bukhhalo. The systems and models for complex polymer solid waste. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Харків: НТУ «ХП». С. 114.

8. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. нпракт. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD2018) 17–19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
9. Bukhkalov S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 2018, Vol.70, – pp. 2047–2052.
10. Вольченко О.І. Курс лекцій з деталей машин та тестові завдання / О.І. Вольченко, В.С. Ловейкін, Д.Ю. Журавльов, В.Я. Малик – Івано-Франківськ. Прикарпатський університет імені Василя Стефаника, 2011. – 246 с.
11. Організація і планування операційної діяльності нафтогазових підприємств: Навч. посіб. / За ред. М. О. Данилюк. – Івано-Франківськ, 2009. – 364 с.
12. Лайонс, В., Плісга, Г., Ахмад, Н. (2015). Стандартний довідник з нафтової та газової інженерії. Elsevier.
13. Пелипенко О.І., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Інтегровані дослідження з удосконалення обладнання бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 617.
14. Бойко В.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Комплексне дослідження інтегрованої безпечної діяльності бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 555.
15. Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. дослідження з удосконалення талевої системи бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 598.
16. Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження інтегрованого підвищення фонтанної безпеки процесу буріння при освоєнні свердловини Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 594.
17. Тацій І.С., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження дії універсального гідравлічного розширювача на різних режимах буріння. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 635.
18. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с
19. Бухкало С.І., Товажнянський Л. Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2005. 460 с.
20. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. Харчові технології у прикладах і задачах [текст] підручник К.: ЦНЛ, 2008. 600 с.
21. Бухкало С.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А. Технологічне обладнання харчової галузі (н.пос.). Х.: УПА-2009, 185 с.
22. Бухкало С.І., Лазарев М.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А., Рубан Н.П, Новосельцев О.О. Процеси та апарати харчових виробництв (навч. пос.). Х.: УПА-2009, 153 с.
23. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Зипунников М.М., Ольховська О.І. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К.: ЦНЛ, 2013. 352 с.
24. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
25. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К. : ЦНЛ, – 2014. – 456 с.
26. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
27. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
28. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
29. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhkalov, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6), 22–26.
30. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.:, 2014. № 16. С. 3–11.

31. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування. Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
32. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для різновидів галузей Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
33. Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В.. Приклади комплексного викладання дисциплін – інноваційні ресторани технології, товарознавство та управління закупівлями. Вісник НТУ «ХПІ». 2023. № 1(1365), 12.
34. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
35. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
36. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglina S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zippunikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks / Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
37. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
38. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
39. Ковальчук В.М., Земелько М.Л., Бухкало С.І. Приклади дослідження властивостей м'ясних виробів функціонального призначення для комплексної технології. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 38–48.
40. Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В. Інноваційні комплексні проекти як сучасна технологія підготовки фахівців зі спеціальності «готельно-ресторанна справа» (на прикладі дисципліни сучасні технології харчування). Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 49–60.
41. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 61–70.
2. Tehnologija i tehnika burinnja / V.S. Vojtenko, R.S. Jaremijchuk, Ja.S. Jaremijchuk // L'viv: Centr Evropi, 2012.
3. Orlovskij V.M., Bileckij V.S., Sirenko V.I. Naftogazoviluchennja z vazhkodostupnih i visnazhenih plastiv. Kh: Harkivskij nacionalnij universitet mis'kogo gospodarstva imeni O.M. Beketova, NTU «Kharkivskij politehničnij institut», TOV NTP «Burova tehnika», L'viv, Vidavnicтво «Novij Svit – 2000», 2023. – 312 p.
4. Agejcheva O.O., Zezekalo I.G., Buhkalo S.I. Zagal'ni sistemi analizu viddachi plastiv sverdlovin. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdrav'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.I. – Harkiv: NTU «KhPI». P. 103.
5. Zezekalo I.G., Ivanic'ka I.O., Agejcheva O.O. Osnovni principii vidnovlennja produktivnosti sverdlovin zakol'matovanih u procesah burinnja ta eksploatacii metodom kislotnih obrobok. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 6 (1360). – Pp. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
6. Zezekalo I.G., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Dejaki zadachi z pidvishhennja viddachi plastiv sverdlovin. XXIX Mizhn. nprakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdrav'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». P. 149.
7. Svitlana Bukhkalov. The systems and models for complex polymer solid waste. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdrav'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 u 5 ch. Ch. II. / red. prof. Sokola Є.I. NTU «KhPI». 114.
8. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXVI Mezhd. nprakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdrav'e» (MicroCAD2018) 17–19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
9. Bukhkalov 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.
10. Vol'chenko O.I. Kurs lekcij z detalej mashin ta testovi zavdannja / O.I. Vol'chenko, V.S. Lovejkin, D.Ju. Zhurav'lov, V.Ja. Malik – Ivano-Frankivsk. Prikarpat'skij universitet imeni Vasilja Stefanika, 2011. – 246 s.
11. Organizacija i planuvannja operacijnoi dij'al'nosti naftogazovih pidpriemstv: Navch. posib. / Za red. M. O. Daniljuk. – Ivano-Frankivsk, 2009. – 364 p.
12. Lajons, V., Plisga, G., Ahmad, N. (2015). Standartnij dovidnik z naftovoї ta gazovoї inzhenerii. Elsevier.

References (transliterated)

1. Vitrik V.G., Kondrat'eva A.V., Selinnyj M.Ju., Galushka R.N. Praktika rozrobki visnazhenih naftovih rodovishh Ukraїni za dopomogoju tehnologii napravlenogo burinnja (2017). Naftogazova inzhenerija. Chislo 2. 19-26.

13. Pelipenko O.I., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Integrovani doslidzhennja z udoskonalennja obladnannja burovoi ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». – 1664 p., 617.
14. Bojko V.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Kompleksne doslidzhennja integrovanoi bezpechnoi dijaldnosti burovoi ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI». – 1664., 555.
15. Krat D.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. doslidzhennja z udoskonalennja talevoi sistemi burovoi ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». – 1664 p., 598.
16. Krat D.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Doslidzhennja integrovanoogo pidvishhennja fontannoï bezpeki procesu burinnja pri osvoenni sverdlovini Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh: NTU «KhPI». – 1664 p., 594.
17. Tacij I.S., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Doslidzhennja dii universal'nogo gidravlichnogo rozshirjuvacha na riznih rezhimah burinnja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXHII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI». P. 635.
18. Buhkalo S.I. Tehnologija osnovnih harchovih virobniectv u prikladah i zadachah (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. 184 p
19. Buhkalo S.I., Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P.A., Havin G.L. Osnovnye tehnologii pishhevih proizvodstv i jenergoberezhenie (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 460 p.
20. Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Kapustenko P.O., Orlova E.I. Harchovi tehnologii u prikladah i zadachah [tekst] pidruchnik K.: CNL, 2008. 600 p.
21. Buhkalo S.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A. Tehnologichne obladnannja harchovoï galuzi (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 185 p.
22. Buhkalo S.I., Lazarev M.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A., Ruban N.P., Novosel'cev O.O. Procesi ta aparati harchovih virobniectv (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 153 p.
23. Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Zipunnikov M.M., Ol'hov'ska O.I. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2013. 352 p.
24. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2014. 412 p.
25. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
26. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2018, 108 p.
27. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmaju). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoi literaturi»: 2019, 108 p.
28. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii pererobki plodoovochevoi sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. Pidruchnik z grifom. K: «CNL»: 2022, 108 p.
29. Bilous, O., Demidov, I., & Buhkalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26.
30. Buhkalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2014. № 16. Pp. 3–11.
31. Buhkalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vikladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja – modeli programuvannja.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
32. Buhkalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoi masi na ii vlastivosti ta konkurentospromozhnist" dlja riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.
33. Buhkalo S.I., N.V. Jakimenko-Tereshhenko. Prikladi kompleksnogo vikladannja disciplin – innovacijni restoranni tehnologii, tovaroznavstvo ta upravlinnja zakupivljami. Visnik NTU «KhPI». 2023. № 1(1365), pp. 12–23.
34. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, h. 201.
35. Buhkalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014, № 16, pp. 3–11.
36. Buhkalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I.,

- Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks / Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
37. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
38. Bukhhalo S.I. Udoskonaljvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «HPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014, № 16, pp. 3–11.
39. Koval'chuk V.M., Zemel'ko M.L., Bukhhalo S.I. Prikhadi doslidzhennja vlastivostej m'jasnih virobiv funkcional'nogo pryznachennja dlja kompleksnoi tehnologii. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 38–48.
40. Bukhhalo S.I., Jakimenko-Tereshhenko N.V. Innovacijni kompleksni proekti jak suchasna tehnologija pidgotovki fahivciv zi special'nosti «gotel'no-restoranna sprava» (na prikhladi disciplini suchasni tehnologii harchuvannja). Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 49–60.
41. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 61–70.

Надійшла (received) 19.10.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Крат Дмитро Андрійович (Krat Dmytro Andriyovych) – магістрант кафедри нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна; e-mail: savycvasyl@ukr.net

Савик Василь Миколайович (Savuk Vasyl Mykolayovych) – кандидат технічних наук, доцент кафедри нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0706-0589> ;

e-mail: savycvasyl@ukr.net

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921> ;

e-mail: bis.khr@gmail.com

Агейчева Олександра Олександрівна (Ageicheva Oleksandra Oleksandrivna) – голова циклової комісії бурових дисциплін Полтавського фахового коледжу нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0140-9604> ;

e-mail: ageicheva@ukr.net

D. A. KRAT, V. M. SAVYK, S. I. BUKHKALO, O. O. AHEICHEVA

EXAMPLE OF EQUIPMENT DESIGN BY ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF SEALING ELEMENTS OF ANTI-BLOWOUT MECHANISM

The materials of the article consider examples of calculations and selection of technical solutions for modernization of the design: the spot preventer was improved by establishing an indicator by which the position of the preventer piston can be observed; the reliability of the anti-blowout equipment used in well drilling was assessed. When introducing the modernized design of the universal preventer, the reliability of operation, the service life between overhauls, durability and maintainability of the preventer are increased. The reliability of the obtained results is evidenced by their mutual consistency, correspondence to the literature data, correlation of theoretical calculations with the results of experimental studies and positive results of industrial tests. The obtained results correlate with previously known ones, which confirms the validity of the scientific provisions, conclusions and recommendations formulated in the work.

Keywords: technological complex of drilling, calculations and technical solutions, technical feasibility, methods, research.

О. М. КУЦИК, В. М. САВИК, С. І. БУХКАЛО, О. О. АГЕЙЧЕВА,

ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ ТАЛЕВОЇ СИСТЕМИ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ БУ 5000 ДГУ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ОБЛАДНАННЯ

У матеріалах статті розглянуті приклади з розрахунку технологічного комплексу для буріння свердловини глибиною 4870 м, проаналізований комплекс механізмів талевої системи бурової установки БУ 5000 ДГУ при бурінні свердловин, встановлені переваги та недоліки використовуваних талевих систем. Обґрунтована доцільність та економічна ефективність введення запропонованих технічних рішень з модернізації талевої системи шляхом введення пристрою для укладання відпрацьованого талевого каната, запропоновано його конструкцію, обґрунтовано технічну доцільність, розрахований економічний ефект від впровадження модернізованої конструкції талевої системи. Вибрані методи досліджень основних параметрів та типи обладнання для проведення випробувань. Розглянуто питання про оформлення дослідної документації. За результатами проведених досліджень роботи модернізованого кронблока, які були одержані в процесі виконання дослідно-лабораторних робіт, побудовані в SolidWorks тривимірні моделі складових частин.

Ключові слова: технологічний комплекс буріння, розрахунки та технічні рішення, технічна доцільність, методи, дослідження, проектування обладнання, талева система.

Вступ.

Вирішення одного із актуальних наукових завдань сучасної нафтогазової інженерії та технології присвячене представлене дослідження. Перш за все це питання створення наукового підґрунтя забезпечення високої якості процесу проведення спуско-піднімальних операцій, яка суттєво залежить від ефективності налаштувань та надійності роботи агрегатів, а також пристроїв талевої системи бурової установки.

За цілями виконання дослідження проаналізовано важливі фактори впливу на порівняльно-критичний аналіз складових наукового дослідження: визначення і опис основних параметрів роботи запропонованого технічного рішення; вибір методів досліджень основних параметрів; призначення, будови, комплектності та принципу дії вибраного обладнання.

Особливої уваги потребує описовий алгоритм проведення дослідження ефективності функціонування обладнання талевої системи напряду, яка залежить від довговічності та надійності роботи талевого каната, експлуатація його буз послаблень ходової вітки і порушень його навівання на барабан бурової лебідки. У якості прикладу запропонована науково-обґрунтована ієрархія конструкції барабану для укладання відпрацьованого талевого каната, яка дозволяє дотримуватись вимог до відпрацьованого каната, це модернізована конструкція, обґрунтовано її технічну доцільність.

Постановка комплексу науково-практичного дослідження.

Актуальність роботи обумовлена важливістю забезпечення високої якості процесу проведення спуско-піднімальних операцій, яка суттєво залежить від ефективності налаштувань та надійності роботи агрегатів та пристроїв талевої системи бурової установки. Ефективність функціонування обладнання талевої системи напряду залежить від довговічності та надійності роботи талевого каната, експлуатація його буз послаблень ходової вітки і порушень його навівання на барабан бурової лебідки.

Таблиця 1. Параметри та технічні характеристики вибраної БУ

Параметри	Значення
Допустиме навантаження на гаку, кН	3200
Умовна глибина буріння, м	5000
Розрахункова потужність на приводному валу лебідки, кВт	1100
Лебідка	ЛБУ37-1100Д
Буровий насос	УНБТ-950А
Кількість насосів	2
Максимальне навантаження на стіл ротора, кН	4000
Вертлюг	УВ-320МА
Максимальне навантаження, кН	3200
Вишка	ВМА-45-320
Корисна висота вишки, м	45
Вантажопідйомність вишки, кН	3200
Кронблок	УКБА-6-400
Талевий блок	УТБА-5-320
Дизель – генераторна станція	АСДА-200
Потужність станції, кВт	200
Механізми АСП:	АСП-3М4
Ротор	Р-700
Клиновий захват	ПКРБО-560
Буровий ключ	АКБ-3М2
Оснастка талевої системи	5×6
Натяг швидкохідної гілки талевого каната, кН	28,3
Швидкість підйому гака, м/с	1,5

Вибір бурової установки (БУ) для одного і того ж класу визначається рядом чинників: умови буріння, метою буріння, типом свердловин, способом буріння, технологією буріння, геологічними умовами. Відповідно до проведених розрахунків вибираємо бурову установку БУ-5000 ДГУ: особливості проведення монтажу обладнання талевої системи, підготовчі роботи перед експлуатацією обладнання. Розрахована кількість робітників бригади для монтажу бурової установки. (таблиця 2).

© Куцик О.М., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О., 2024

Предмет дослідження. Властивості і характеристики талевої системи, що оснащена пристроєм для укладання відпрацьованого талевого канату.

1. Аналіз можливостей складових дослідження за ієрархією класифікації-ідентифікації різновидів джерел інформації.

У процесі буріння твердих порід виникають поздовжні коливання в бурильних трубах, які передаються через ведучу трубу, вертлюг і талеvu систему нерухомому кінцю талевого каната. Внаслідок цього виникає явище втомності металу д्रोцинок тієї частини каната, яка знаходиться на

останньому шківі кронблока й барабані механізму кріплення нерухомого кінця талевого каната. За таких умов також можливий обрив каната, незважаючи на його невеликий знос. При цьому канат також необхідно періодично перепускати. Згідно з вимогами здавання талевого каната бухта укладеного відпрацьованого талевого каната повинна мати зовнішній діаметр не більше одного метра. Ручним способом укласти бухту потрібного діаметру неможливо. Пропонується конструкція барабана для укладання відпрацьованого талевого каната, яка дозволяє дотримуватись вимог, які ставляться до відпрацьованого каната (рис. 1) [1–17].

Таблиця 2 – Вибір загальних характеристик ієрархії наукового обґрунтування складових видобутку

№	Класифікація-ідентифікація стадій дослідження за темою
1	Вибір та опис технологічного обладнання 1.1 Визначення максимальних навантажень на підйомний гак бурової установки 1.2 Вибір категорії, класу, виду та основних параметрів бурової установки 1.3 Опис вибраного обладнання
2	Опис технічної пропозиції 2.1 Опис модернізованої конструкції 2.2 Оцінка економічної ефективності
3	Дослідно-конструкторська робота 3.1 Визначення і опис основних параметрів роботи запропонованого технічного рішення, які вимагають проведення науково-дослідних робіт 3.2 Вибір методів досліджень основних параметрів 3.3 Обґрунтування і опис конструкції 3.4 Програма проведення досліджень з обладнанням 3.5 Аналіз одержаних результатів та визначення раціональних або оптимальних конструктивних та експлуатаційних рішень
4	Розрахунки працездатності 4.1 Вибір діаметра і типу талевого каната для оснастки талевої системи. 4.2 Перевірочний розрахунок талевого каната на міцність 4.3 Розрахунок працездатності ствола гака 4.4 Визначення натягу в струнах талевої системи 4.5 Розрахунки осі кронблока на міцність 4.6 Розрахунок пружини канатоукладчика
5	Монтаж і експлуатація обладнання 5.1 Організаційно-технічні заходи з монтажу талевої системи 5.1.1 Підготовчі роботи перед монтажем обладнання 5.1.2 Монтаж обладнання 5.1.3 Підготовчі роботи перед експлуатацією обладнання 5.1.4 Розрахунок чисельності монтажної бригади 5.2 Експлуатація та ремонт обладнання 5.2.1 Умови експлуатації та аналіз діючих навантажень 5.2.2 Технологія відновлення спрацьованих деталей 5.3 Охорона праці при монтажі та експлуатації обладнання 5.3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які виникають в процесі експлуатації обладнання 5.3.2 Технічні рішення і пропозиції по забезпеченню безпеки експлуатації обладнання 5.3.3 Техніка безпеки при експлуатації та обслуговуванні обладнання
6	Висновки за аналізом отриманих результатів, перспективи розвитку за синергетичною безпечною діяльністю.

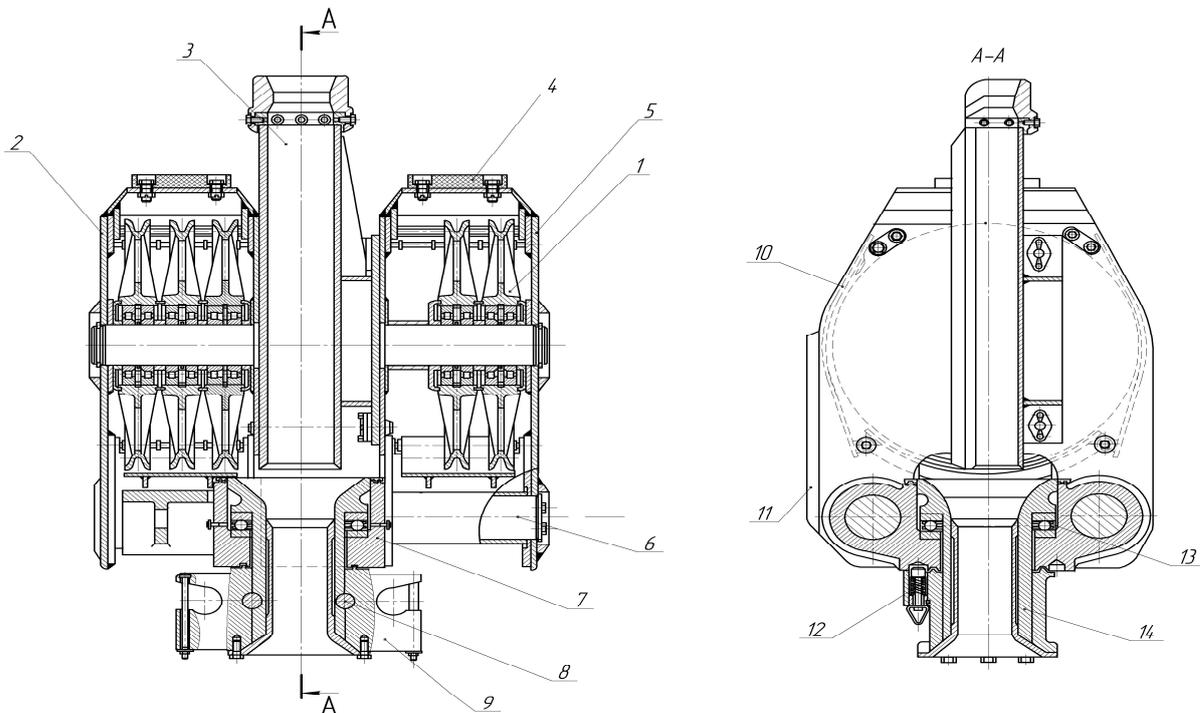


Рисунок 1. Двосекційний талевий блок

Проблеми дослідження.**2. Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання.**

Двосекційний талевий блок (рис. 1) складається з трьохблокової 2 і двоблокової 5 секцій, сполучених жолобом 3, який направляє талевий блок при його переміщенні вздовж свічки. Для розстановки свічок на два свічники, розташовані на протилежних гранях бурової вежі, замість жолобів використовується поворотна муфта. Установка шківів на осях, кріплення осей у щоках кожної секції, змащування підшипників і їх запобігання забрудненню, а також кожухи 10 шківів виконано за аналогією з раніше розглянутою конструкцією талевого блока. У щоках секцій талевого блока встановлено дві паралельні осі 6 для підвіски траверси 7. Одночасно осі 6 служать для жорсткого з'єднання секцій талевого блока. В траверсі встановлений стакан 14 на упорному шарикопідшипнику 13. До стакана на двох валах 8 підвішена скоба-підвіска 9 з провущинами для штропів автоматичного елеватора, що використовується в комплексі АСП. При ручній розстановці свічок у провущини скоби 9 підвішуються петлеві штропи для роботи із звичайними елеваторами. В процесі буріння скоба використовується для підвіски вертлюга. Положення скоби фіксується замком 11.

На відміну від талевих блоків, що використовуються для ручної розстановки свічок, у цій конструкції є додатковий кожух 11 для захисту від можливих ударів і гумовий буфер 4. В інших конструкціях двосекційних талевих блоків щоки кожної секції з'єднуються осями, на яких встановлюються спеціальні підвіски з провущинами для штропів автоматичного елеватора або трирого гака (У4-300, УТБА-6-400).

Для створення умов безпечної й безаварійної експлуатації талевої системи необхідно забезпечити правильний і вчасний нагляд за нею відповідно до НТД. Під час експлуатації талевий канат зношується нерівномірно. Та частина каната, яка в процесі СПО намотується на барабан, зношується найінтенсивніше, тому після відпрацювання канатом ресурсу роботи необхідно старанно оглянути стан ходової струни каната.

Критеріями зносу каната є:

- на кроці звивки каната діаметром до 20 мм кількість обірваних дротининок становить більше 5 %, а каната діаметром більше ніж 20 мм – більше ніж 10 % від кількості всіх дротининок у канаті;
- одне із пасм удавене внаслідок руйнування серцевини каната;
- канат витягнутий або сплюснутий і його найменший діаметр становить 75 % і менше від початкового;
- на канаті є скрутка;
- знос (або корозія) більше ніж 40 % початкового діаметра дротининок.

У цих випадках повинен бути зроблений перепуск каната до відпрацювання ним встановленого ресурсу роботи.

Згідно з вимогами здавання талевого каната бухта укладеного відпрацьованого талевого каната повинна мати зовнішній діаметр не більше одного метра. Ручним способом укласти бухту потрібного діаметру неможливо.

Пропонується конструкція барабана для укладання відпрацьованого талевого каната, яка дозволяє дотримуватись вимог, які ставляться до відпрацьованого каната.

3. Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання за обраною конструкцією.

Результати впровадження: зменшення витрат часу на підготування відпрацьованого каната і здавання за рахунок його якісного укладання.

Стабілізатор (інша назва канатоукладчик, заспокоювач талевого канату) призначений для гасіння коливань талевого канату при спуско-підйомних операціях.

Для виключення зазору між роликками канатоукладчика та самим канатом пропонується використовувати канатоукладчик, у конструкції якого передбачено використання двох роликів, які притискаються один до одного за допомогою пружини.

Вдосконалений канатоукладчик складається з корпусу 1, в якому нерухомо встановлена вісь, на якій обертається ролик 4. В пазах корпусу рухається повзун 3, в якому встановлена вісь рухомого ролика 5. Для запобігання висуванню осі вона фіксується стопорними кільцями 9.

Поступальне переміщення повзуна відбувається за рахунок дії розтискаючої пружини 12. Пружина до повзуна притискається за допомогою кришки 2. Остання кріпиться до корпусу болтами. Для запобігання переміщенню канатоукладчика відносно осі канату по боках передбачені отвори, якими канатоукладчик рухається по двох полірованих штоках.

Впровадження пристрою для укладання відпрацьованого талевого каната в складі талевої системи дасть змогу продовжити її міжремонтний цикл. Зміни технічного обслуговування та ремонтів талевої системи відображені у таблиці 3:

- 1 – вид технічного обслуговування, ремонту;
- 2 – періодичність виконання технічного обслуговування та ремонтів, маш.-год (T_u);
- 3 – кількість технічних обслуговувань та ремонтів в одному ремонтному циклі (a_i);
- 4 – тривалість одного технічного обслуговування та ремонту, роб. днів (d_{pi});
- 5 – трудомісткість виконання одного ТО й ремонту, нормо-год (r_i).

Таблиця 3. Технічне обслуговування та ремонт талевої системи

1	2	3	4	5
Для аналогової техніки				
ТО	47	24	0,5	4
ПР	1175	5	1	25
КР	7500	1	2	55
Для модернізованої техніки				
ТО	94	12	0,5	4
ПР	1175	5	1	25
КР	7500	1	2	55

Розрахунок собівартості та оптової ціни талевої системи після модернізації виконується за формулою:

$$C = C_n^a + B_{\text{введ.}}, \text{ грн.} \quad (1)$$

де C – собівартість обладнання;

P_c – норматив рентабельності в долях від собівартості. За даних умов приймаємо рівним 0,30.

На стадії ескізного проекту собівартість нової техніки визначається:

$$C = C_n^a + B_{\text{введ.}}, \text{ грн.} \quad (2)$$

де C_n^a – скоригована для розрахунку ціни нової техніки собівартість аналогічної техніки;

$B_{\text{введ.}}$ – собівартість доданого обладнання.

Коригування собівартості аналогічної техніки для розрахунку собівартості нової техніки ведеться за формулою:

$$C_n^a = C_c^a \cdot \frac{\delta''}{\delta'_n \times \tau'_n}, \text{ грн.}$$

де C_c^a – собівартість обладнання-аналога, грн;

δ'_n – коефіцієнт зміни собівартості при переході від серійності звітного року до серійності, що відповідає одиниці приведення;

δ''_n – коефіцієнт зміни собівартості при переході від серійності, що відповідає одиниці приведення до планованої серійності випуску нової техніки в розрахунковому році;

τ'_n – коефіцієнт зміни собівартості аналогічної техніки, що відповідає порядковому номеру розрахункового року.

Величина C_c^a визначається розрахунком за формулою (2), в якій значення ціни аналогічної техніки приймається за діючими цінами:

$$C_c^a = \frac{C_{AT}}{1 + P_c}$$

C_{AT} – вартість талевої системи, обраної в якості аналога;

3. Вибір методів досліджень основних параметрів

Для визначення технічних показників, як характеристики ефективності запропонованого в технічного рішення із модернізації кронблоку, використовується вимірвальний метод. Він ґрунтується на інформації, що отримується з використанням технічних вимірвальних засобів. За допомогою вимірвального методу визначаються параметри показників якості, наприклад, маса виробу, розмір виробу, швидкість переміщення труби, сила струму та ін.

В нашому випадку ми виміряємо зношення швидкозношуваних вузлів кронблока.

Технічні показники визначимо експериментальним методом, що базується на застосуванні технічних засобів і дає можливість найоб'єктивніше оцінити якість продукції. Також використаємо розрахунковий метод, що провадиться на основі використання аналітичних залежностей показників якості продукції.

Застосовані методи дозволяють знайти значення технічних показників кронблока шляхом вимірювання та оцінювання.

4. Обґрунтування і опис конструкції. Програма проведення досліджень з обладнанням

Під час проведення випробувальних заходів на виробництві застосовується наступний перелік обладнання:

– *поворотні стенди* (одно-, двох- та трьохвісні). Одновісні стенди застосовуються при випробуванні перемикачів напряму руху середовища в групових замірних установках «Супутник» або, наприклад, кульових кранів та ін.

– *вібростенди*: ВЭДС (Росія), Bruel & Kjaer (Данія) та ін. Призначені для забезпечення безпосереднього перетворення певного виду енергії в енергію вібрації для передавання вібрації об'єктові випробувань. Вібростенд є основною складовою вібраційного випробувального устаткування, яке також включає засоби завдання, керування, підсилення, вимірювання, автоматичного контролю та допоміжних засобів, що забезпечують відтворення вібрації з нормованими характеристиками точності.

Вібростенди застосовуються при випробуванні елементів обладнання, котрі під час роботи можуть піддаватись впливу вібраційних навантажень. Перевірки на вібрацію піддаються, наприклад, такі виробу, як манометри тиску та крани, котрі можуть встановлюватися на трубопроводах з певним ступенем вібраційних коливань, привідні елементи вібростит, їх опори, а також й інше обладнання, яке повинне зберігати працездатність при впливі на нього вібраційних коливань.

– кліматичні лабораторії, які призначення для проведення випробувань працездатності та дослідження впливу на прилади та системи зовнішніх навколишніх умов, таких як температура, тиск, вологість, сонячна радіація, пи́л, грибкові утворення, сіль та ін. Серед сучасного кліматичного обладнання виділяються кліматичні камери «Excal» компанії «CLIMATS» (Франція). В камерах цієї компанії вперше в 1987 р. було впроваджено вбудований комп'ютер.

В таких камерах проводяться випробування ущільнень шпindelів засувки, кранів, манометрів, перемикачів та іншого нафтогазопромислового обладнання на працездатність в умовах низьких температур.

– камери вологості. Призначені для випробування працездатності та надійності обладнання в умовах підвищеної вологості оточуючого середовища та різних рівнів температур. Така камера може створювати діапазон зовнішніх температур від -60°C до $+150^{\circ}\text{C}$, а також вологості від 30 до 90%.

За допомогою такої камери чи конструкцій похідних від неї проводяться випробування працездатності запірної та регулювальної апаратури, рівнемірів, манометричного, розподільчого нафтогазопромислового обладнання в умовах різних рівнів вологості та зовнішніх температур.

– стенд для випробування глибоких свердловинних насосів СИ-С-Н-Р-30/16-К-СУЭ

Гідравлічний стенд СИ-С-Н-Р-30/16-К-СУЭ призначений для випробування циліндро-поршневих та плунжерних пар глибоких насосів типу RLA. Використовується в умовах виробничих ділянок ремонтних підприємств нафтогазовидобувного комплексу.

Пристрій приводиться в дію привідним електричним двигуном і виконаний в єдиному модулі. Він містить два гідравлічних контури. Один з них працює на мінеральному мастилі, а інший – на дизельному паливі.

Гідравлічний стенд СИ-С-Н-Р-30/16-К-СУЭ має наступні технічні характеристики:

- Гідравлічний контур мінерального мастила:
марка мінерального мастила – Н46;
максимальний тиск – 8,5 МПа;
номінальний тиск – 7,0 МПа;
максимальна витрата рідини – 16 $\text{дм}^3/\text{хв.}$;
ємність гідравлічного баку – 0,1...0,3 м^3 .
- Гідравлічний контур дизельного палива:
марка рідини – дизельне паливо;
максимальний тиск перекачування – 3,0 МПа;
номінальний пробний тиск – 25 МПа;
максимальний тиск випробування – 30 МПа;
максимальна прокачка рідини – 16 $\text{дм}^3/\text{хв.}$

Програма і методика випробувань (ПМ) – документ, що містить технічні дані, які підлягають перевірці при випробуванні виробів, а також порядок і методи їх контролю.

Структура документу визначається у «Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению» і відноситься до ЄСКД.

Стосовно проектування вузла кронблока були побудовані в SolidWorks тривимірні моделі складових частин.

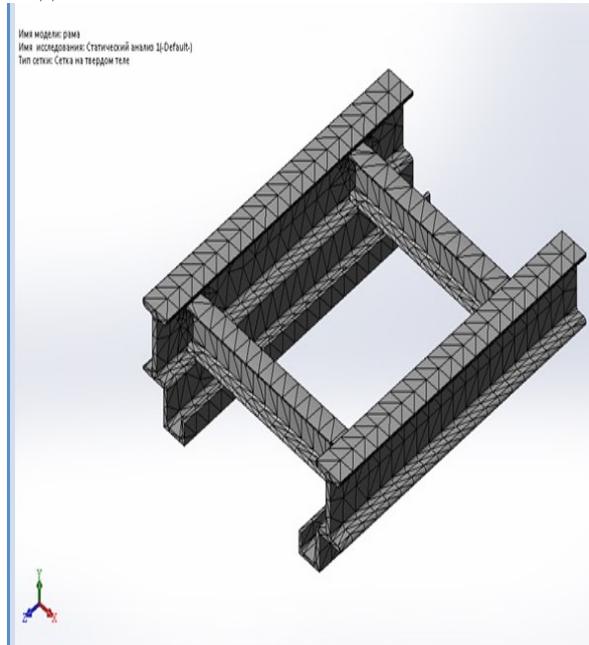


Рис.2 – Сітка кінцевих елементів для рами кронблока

Найбільш відповідальним і потребує особливої уваги є етап створення сітки кінцевих елементів.

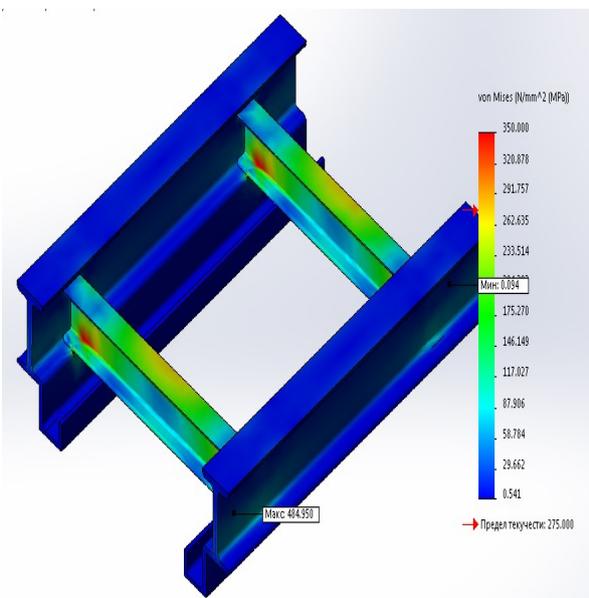


Рис.3 – Епюра вузлового напруження

Оскільки підвищення дискретизації об'єкта дослідження (зменшення середньої величини кінцевого елемента) збільшує час подальшого

розрахунку, зниження дискретизації (укрупнення середньої величини кінцевого елемента) може привести до інтерференції окремих вузлів і елементів, що викличе складнощі в запуску вирішальної програми..

Саме для запобігання виникнення помилок, пов'язаних з виникненням інтерференції слід скористатися підвищенням дискретизації для дрібних об'єктів і об'єктів, які знаходяться в зіткненні без зазору

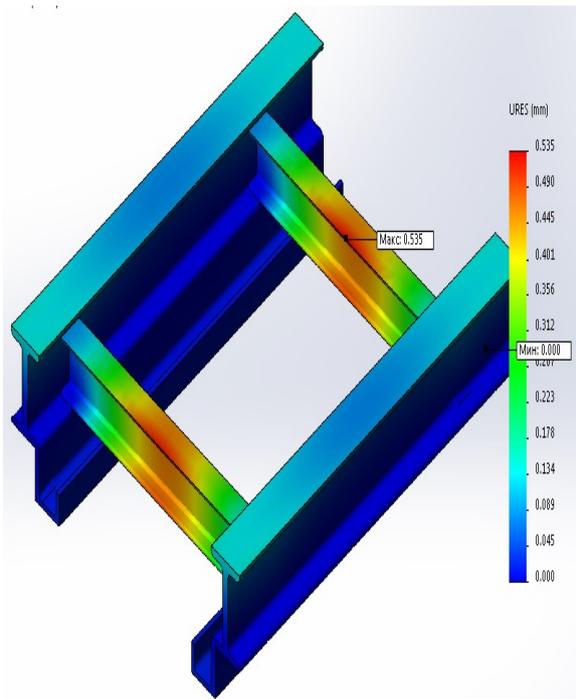


Рис. 4 – Епюра статичного переміщення

За результатами проведених досліджень роботи модернізованого кронблока, які були одержані в процесі виконання дослідно-лабораторних робіт, побудовані в SolidWorks тривимірні моделі складових частин. Отримані результати вказують на можливість ефективного використання модернізованої талевої системи в складі бурової установки в процесі спорудження свердловини глибиною 4870 м.

5. Експериментально-практичні засади вибору технології підготовчі роботи перед експлуатацією обладнання

За допомогою бурових лебідок і талевої системи проводяться спуско-піднімальні операції, які є найбільш трудомісткими і небезпечними роботами при спорудженні свердловини. Тому незначні неполадки обладнання талевої системи можуть бути причинами серйозних аварій. Безпечна й безаварійна робота обладнання може бути забезпечена тільки за умови організації правильного та вчасного нагляду за ним і грамотної його експлуатації.

Перед пуском кронблока в експлуатацію необхідно провести технічний огляд і перевірку технічного стану обсягом, який указаний у таблиці із перевіркою стану зварних швів рами. Всі помічені неполадки повинні бути усунені (табл. 4).

Таблиця 4. Перелік основних перевірок технічного стану кронблока УКБ-6-270

Місце перевірки	Технічні вимоги
Наявність мастила в підшипниках	Порожини підшипників повинні бути заповнені мастилом ЦИАТИМ-203.
Легкість обертання шківів	Шків повинен обертатися від руки вільно без заїдань і шуму в підшипниках, при цьому сусідні шківів повинні бути нерухомі.
Температура підшипників	Не більше ніж 70 °С
Установка кожухів	Радіальний проміжок між кожухом і шківом має бути в границях 5-10 мм.
Надійність кріплення всіх різьбових з'єднань	Усі болти і гайки повинні бути затягнуті, зашпінтовані та законтрогаєні.
Знос профілю жолоба шківів	Радіальне биття по жолобу не більше ніж 0,5 мм. Максимальний знос жолоба без переточки 3-4 мм, після переточки до 2 мм на сторону.

Ремонт обладнання – ремонт, який за змістом, обсягом та складністю підрозділяється на:

1) поточний ремонт – він в свою чергу ділиться на: малий – заміна чи ремонт змінних деталей і регулювання механізмів; середній – заміна чи відновлення спрацьованих деталей, часткове розбирання машин (середні ремонти при періодичності більше року відносяться до капітальних і витрати на їх проведення враховуються в нормах амортизації);

2) капітальний ремонт – повне розбирання агрегатів із заміною усіх спрацьованих частин, виправлення деталей, які не замінюються; супроводжується звичайно модернізацією обладнання;

3) відновний ремонт – ремонт обладнання, яке вийшло з ладу внаслідок аварій, стихійних лих, тривалої бездії.

Терміни проведення, складність та обсяг ремонтних робіт звичайно передбачаються системою планово-запобіжного ремонту (обслуговування).

Залежно від того, як визначаються потреби в ремонтних роботах, розрізняють систему планово-запобіжного ремонту (систему ПЗР) і систему ремонту за результатами технічної діагностики.

Згідно з діючою методикою встановлення економічної ефективності впровадження нової техніки в нафтогазовій галузі річний економічний ефект від виробництва і використання нового обладнання, машин, інструментів та інших засобів

праці довгострокового використання з покращеними якісними характеристиками визначається за такою формулою

$$E = \left[C_{AT} \cdot k_1 \cdot k_2 + \frac{\Delta I - E_n \cdot (K'_2 - K'_1)}{(1/T_2) + E_n} - C_{HT} \right] \cdot n, \text{ грн.}, \quad (4)$$

де C_{AT} та C_{HT} – балансова вартість базової і модернізованої техніки відповідно, тис. грн.;

k_1 – коефіцієнт зростання продуктивності праці за варіантом модернізації;

k_2 – коефіцієнт зміни строків служби;

ΔI – економія експлуатаційних витрат, грн.

E_n – єдиний нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ($E_n = 0,15$);

K'_1, K'_2 – сукупні капітальні вкладення бурового підприємства, що включають витрати на придбання і доставку додаткового комплектуючого обладнання (в даному випадку $K'_2 - K'_1 = 0$);

T_1, T_2 – строк служби техніки ($T_1 = 8$ років, $T_2 = 10$ років);

n – річний обсяг виробництва (впровадження) нового обладнання в натуральних одиницях, $n = 1$.

Висновки та перспективи подальшого розвитку ієрархії комплексних складових інноваційного дослідження.

Обґрунтована доцільність та економічна ефективність введення запропонованих технічних рішень з модернізації обладнання.

Розроблено умови експлуатації та аналіз діючих навантажень на обладнання талевої системи бурової установки, технологія відновлення спрацьованих деталей.

При аналізі особливостей роботи обладнання визначені основні небезпечні та шкідливі фактори, що діють на працюючих в процесі експлуатації талевої системи та розглянуті технічні засоби, що передбачаються для зменшення або усунення дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Розроблені заходи з техніки безпеки при експлуатації та обслуговуванні обладнання, а також заходи з пожежної безпеки.

Представлені можливості комплексного інноваційного дослідження можуть бути застосовані для різновидів галузей сучасної інженерії з урахуванням розвитку діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» (представництво на кафедрі ІТПА НТУ «ХПІ») – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів хімічної інженерії [18–41].

Отримані результати підкреслюють набуття студентами здатності до пошуку альтернативних рішень у проектуванні обладнання для ефективного досягненні результатів фахової діяльності; здатність до системного творчого мислення, вміння виявляти

наполегливість у досягненні мети професійної та науково-дослідницької діяльності. А також це отримання навичок використання проектних засобів, уміння аналізувати поставлену розрахункову інженерну задачу, уміння користуватися спеціалізованою літературою та документацією проектування високого рівня.

Список літератури

1. Витрик В.Г., Кондратьєва А.В., Селинный М.Ю., Галушка Р.Н. Практика розробки виснажених нафтових родовищ України за допомогою технології направлено буріння (2017). Нафтогазова інженерія. Число 2. 19-26.
2. Технологія і техніка буріння / В.С. Войтенко, В.Г. Вітрик, Р.С. Яремійчук, Я.С. Яремійчук // Львів: Центр Європи, 2012.
3. Орловський В. М., Білецький В. С., Сіренко В. І. Нафтогазовилучення з важкодоступних і виснажених пластів. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, НТУ «Харківський політехнічний інститут», ТОВ НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ – 2000», 2023. – 312 с.
4. Агейчева О.О., Зезекало І.Г., Бухкало С.І. Загальні системи аналізу віддачі пластів свердловин. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 103.
5. Зезекало І.Г., Іваницька І.О., Агейчева О.О. Основні принципи відновлення продуктивності свердловин закольматованих у процесах буріння та експлуатації методом кислотних обробок. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – № 6 (1360). – С. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
6. Зезекало І.Г., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Деякі задачі з підвищення віддачі пластів свердловини. XXIX Міжн. нпракт. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 149.
7. Svitlana Bukhhalo. The systems and models for complex polymer solid waste. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Харків: НТУ «ХПІ». С. 114.
8. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. нпракт. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD2018) 17–19 мая 2018. Х.: Ч. II, с. 201.

9. 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.
10. Вольченко О.І. Курс лекцій з деталей машин та тестові завдання / О.І. Вольченко, В.С. Ловейкін, Д.Ю. Журавльов, В.Я. Малик – Івано-Франківськ. Прикарпатський університет імені Василя Стефаника, 2011. – 246 с.
11. Організація і планування операційної діяльності нафтогазових підприємств: Навч. посіб. / За ред. М. О. Данилюк. – Івано-Франківськ, 2009. – 364 с.
12. Лайонс, В., Плісга, Г., Ахмад, Н. (2015). Стандартний довідник з нафтової та газової інженерії. Elsevier.
13. Пелипенко О.І., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Інтегровані дослідження з удосконалення обладнання бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 617.
14. Бойко В.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Комплексне дослідження інтегрованої безпечної діяльності бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 555.
15. Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. дослідження з удосконалення талевої системи бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 598.
16. Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження інтегрованого підвищення фонтанної безпеки процесу буріння при освоєнні свердловини Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 594.
17. Тацій І.С., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження дії універсального гідравлічного розширювача на різних режимах буріння. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». – 1664 с., 635.
18. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с
19. Бухкало С.І., Товажнянський Л. Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2005. 460 с.
20. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О., Орлова Є.І. Харчові технології у прикладах і задачах [текст] підручник К.: ЦНЛ, 2008. 600 с.
21. Бухкало С.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А. Технологічне обладнання харчової галузі (н.пос.). Х.: УПА-2009, 185 с.
22. Бухкало С.І., Лазарев М.І., Ілюха М.Г., Лазарева Т.А., Рубан Н.П., Новосельцев О.О. Процеси та апарати харчових виробництв (навч. пос.). Х.: УПА-2009, 153 с.
23. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Зипунников М.М., Ольховська О.І. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. К.: ЦНЛ, 2013. 352 с.
24. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 412 с.
25. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К. : ЦНЛ, – 2014. – 456 с.
26. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
27. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
28. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології переробки плодоовочевої сировини), 2-ге вид. доп. Ч. 3. Підр. з грифом. К: «ЦНЛ»: 2022, 108 с.
29. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6), 22–26.
30. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. *Вісник НТУ «ХП»*. Х.:, 2014. № 16. С. 3–11.
31. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування.. *Вісник НТУ «ХП»*. 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
32. Бухкало С.І., Земелько М.Л. Дослідження комплексного впливу складових шоколадної маси на її властивості та конкурентоспроможність для

- різновидів галузей Вісник НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (1364), с. 54–64.
33. Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В.. Приклади комплексного викладання дисциплін – інноваційні ресторани технології, товарознавство та управління закупівлями. Вісник НТУ «ХПІ». 2023. № 1(1365), 12.
 34. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
 35. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
 36. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglina S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroschnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects 2018/2019 realization in the examples and tasks / Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
 37. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
 38. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2014, № 16, с. 3–11.
 39. Ковальчук В.М., Земелько М.Л., Бухкало С.І. Приклади дослідження властивостей м'ясних виробів функціонального призначення для комплексної технології. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 38–48.
 40. Бухкало С.І., Якименко-Терещенко Н.В. Інноваційні комплексні проекти як сучасна технологія підготовки фахівців зі спеціальності «готельно-ресторанна справа» (на прикладі дисципліни сучасні технології харчування). Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 49–60.
 41. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2024, № 1, с. 61–70.
- References (transliterated)**
1. Vitrik V.G., Kondrat'eva A.V., Selinnyj M.Ju., Galushka R.N. Praktika rozrobki visnazhenih naftovih rodovishh Ukraїni za dopomogoju tehnologii napravlenogo burinnja (2017). Naftogazova inzhenerija. Chislo 2. 19-26.
 2. Tehnologija i tehnika burinnja / V.S. Vojtenko, R.S. Jaremijchuk, Ja.S. Jaremijchuk // L'viv: Centr Єvropi, 2012.
 3. Orlovs'kij V.M., Bilec'kij V.S., Sirenko V.I. Naftogazoviluchennja z vazhkodostupnih i visnazhenih plastiv. Kh: Harkivs'kij nacional'nij universitet mis'kogo gospodarstva imeni O.M. Beketova, NTU «Kharkivs'kij politehničnij institut», TOV NTP «Burova tehnika», L'viv, Vidavnictvo «Novij Svit – 2000», 2023. – 312 p.
 4. Agejcheva O.O., Zezekalo I.G., Buhkalo S.I. Zagal'ni sistemi analizu viddachi plastiv sverdlovin. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.I. – Harkiv: NTU «KhPI». P. 103.
 5. Zezekalo I.G., Ivanic'ka I.O., Agejcheva O.O. Osnovni principi vidnovlennja produktivnosti sverdlovin zakol'matovanih u procesah burinnja ta ekspluatacij metodom kislotnih obrobov. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 6 (1360). – Pp. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
 6. Zezekalo I.G., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Dejaki zadachi z pidvishhennja viddachi plastiv sverdlovin. XXIX Mizhn. nprakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Є.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». P. 149.
 7. Svitlana Bukhkalov. The systems and models for complex polymer solid waste. XXIII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 u 5 ch. Ch. II. / red. prof. Sokola Є.I. NTU «KhPI». 114.
 8. Bukhkalov S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noї vlasnosti zi studentami. XXVI Mezhd. nprakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD2018) 17–19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
 9. Bukhkalov 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.
 10. Vol'chenko O.I. Kurs lekcij z detalej mashin ta testovi zavdannja / O.I. Vol'chenko, V.S. Lovejkin, D.Ju. Zhuravl'ov, V.Ja. Malik – Ivano-Frankivs'k. Prikarpat'skij universitet imeni Vasilja Stefanika, 2011. – 246 s.
 11. Organizacija i planuvannja operacijnoї dijal'nosti naftogazovih pidpriemstv: Navch. posib. / Za red. M. O. Daniljuk. – Ivano-Frankivs'k, 2009. – 364 p.
 12. Lajons, V., Plisga, G., Ahmad, N. (2015). Standartnij dovidnik z naftovoї ta gazovoї inzhenerii. Elsevier.
 13. Pelipenko O.I., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Integrovani doslidzhennja z udoskonalennja obladnannja burovoї ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoї naukovo-praktichnoї konferencii MicroCAD-2024,

- 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». – 1664 p., 617.
14. Bojko V.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Kompleksne doslidzhennja integrovanoi bezpechnoi dijalnosti burovoi ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Kh.: NTU «KhPI». – 1664., 555.
 15. Krat D.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. doslidzhennja z udoskonalennja talevoi sistemi burovoi ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». – 1664 p., 598.
 16. Krat D.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Doslidzhennja integrovanogo pidvishhennja fontanoi bezpeki procesu burinnja pri osvoenni sverdlovini Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Kh: NTU «KhPI». – 1664 p., 594.
 17. Tacij I.S., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Doslidzhennja dii universal'nogo gidravlichnogo rozshirjuvacha na riznih rezhimah burinnja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXXIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Kh.: NTU «KhPI». P. 635.
 18. Buhkalo S.I. Tehnologija osnovnih harchovih virobnictv u prikladah i zadachah (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. 184 p
 19. Buhkalo S.I., Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P.A., Havin G.L. Osnovnye tehnologii pishhevih proizvodstv i jenergosberezhenie (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2005. 460 p.
 20. Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Kapustenko P.O., Orlova Ć.I. Harchovi tehnologii u prikladah i zadachah [tekst] pidruchnik K.: CNL, 2008. 600 p.
 21. Buhkalo S.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A. Tehnologichne obladnannja harchovoï galuzi (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 185 p.
 22. Buhkalo S.I., Lazarev M.I., Iljuha M.G., Lazareva T.A., Ruban N.P., Novosel'cev O.O. Procesi ta aparati harchovih virobnictv (navch. posibnik). Kh.: UIPA-2009, 153 p.
 23. Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Zipunnikov M.M., Ol'hov'ska O.I. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2013. 352 p.
 24. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (testovi zavdannja) [tekst] pidruchnik. K.: CNL, 2014. 412 p.
 25. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
 26. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiïv «Centr uchbovoi literaturi»: 2018, 108 p.
 27. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoi literaturi»: 2019, 108 p.
 28. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii pererobki plodoovochevoi sirovini), 2-ge vid. dop. Ch. 3. Pidruchnik z grifom. K: «CNL»: 2022, 108 p.
 29. Bilous, O., Demidov, I., & Buhkalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leafs and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26.
 30. Buhkalo S.I. Udokonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2014. № 16. Pp. 3–11.
 31. Buhkalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vikladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja – modeli programuvannja.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
 32. Buhkalo S.I., Zemel'ko M.L. Doslidzhennja kompleksnogo vplivu skladovih shokoladnoi masi na ii vlastivosti ta konkurentospromozhnist' dlja riznovidiv galuzej. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 54–64.
 33. Buhkalo S.I., N.V. Jakimenko-Tereshhenko. Prikladi kompleksnogo vikladannja disciplin – innovacijni restoranni tehnologii, tovaroznavstvo ta upravlinnja zakupivljami. Visnik NTU «KhPI». 2023. № 1(1365), pp. 12–23.
 34. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, h. 201.
 35. Buhkalo S.I. Udokonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2014, № 16, pp. 3–11.
 36. Buhkalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks / Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14

37. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
38. Buhkalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KHPi». Kh.: NTU «KHPi». 2014, № 16, pp. 3–11.
39. Koval'chuk V.M., Zemel'ko M.L., Buhkalo S.I. Prikjadi doslidzhennja vlastivostej m'jasnih virobiv funkcional'nogo priznachennja dlja kompleksnoi tehnologii. Visnik NTU «KHPi». Kh.: NTU «KHPi». 2024, № 1, pp. 38–48.
40. Buhkalo S.I., Jakimenko-Tereshhenko N.V. Innovacijni kompleksni proekti jak suchasna tehnologija pidgotovki fahivciv zi special'nosti «gotel'no-restoranna sprava» (na prikjadi disciplini suchasni tehnologii harchuvannja). Visnik NTU «KHPi». Kh.: NTU «KHPi». 2024, № 1, pp. 49–60.
41. Buhkalo S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Visnik NTU «KHPi». Kh.: NTU «KHPi». 2024, № 1, pp. 61–70.

Надійшла (received) 19.10.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Кущик Олександр Михайлович (Kutsyk Oleksandr Mykhailovych) – магістрант кафедри нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна;

e-mail: savycvasyl@ukr.net

Савик Василь Миколайович (Savuk Vasyl Mykolayovych) – кандидат технічних наук, доцент кафедри нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0706-0589> ;

e-mail: savycvasyl@ukr.net

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>;

e-mail: bis.khr@gmail.com

Агейчева Олександра Олександрівна (Ageicheva Oleksandra Oleksandrivna) – голова циклової комісії бурових дисциплін Полтавського фахового коледжу нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0140-9604>;

e-mail: ageicheva@ukr.net

O. M. KUTSYK, V. M. SAVYK, S. I. BUKHKALO, O. O. AHEICHEVA

EXAMPLE OF DESIGNING A TAIL SYSTEM OF A DRILLING RIG BU 5000 DGU WITH EQUIPMENT MODERNIZATION

The materials of the article consider examples of the calculation of a technological complex for drilling a well with a depth of 4870 m, analyze the complex of mechanisms of the tackle system of the BU 5000 DGU drilling rig when drilling wells, establish the advantages and disadvantages of the used tackle systems. The feasibility and economic efficiency of introducing the proposed technical solutions for the modernization of the tackle system by introducing a device for laying the spent tackle rope is substantiated, its design is proposed, the technical feasibility is substantiated, the economic effect of implementing the modernized design of the tackle system is calculated. Methods for studying the main parameters and types of equipment for testing are selected. The issue of drawing up research documentation is considered. Based on the results of the studies of the operation of the modernized crown block, which were obtained in the process of performing experimental and laboratory work, three-dimensional models of the components were built in SolidWorks.

Keywords: drilling technological complex, calculations and technical solutions, technical feasibility, methods, research, equipment design, hoisting system.

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

<i>Р. О. БАНК, Н. М. НІМЕЦЬ</i> ДЕЯКІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ ЗВІТІВ З ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ У СФЕРІ ГАЗОВИДОБУТКУ	3
<i>S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, K. H. HAVRYLIEVA, P. R. SHMYHUN</i> MEDIA STUDY, PROJECT MANAGEMENT AND FOREIGN LANGUAGES TEACHING INTEGRATING METHODS REVIEW	17
<i>П. А. КОЗУБ, Н. ІЛМАЗ, С. М. КОЗУБ, Ж. В. ДЕЙНЕКО, С. О. ВАМБОЛЬ</i> ВИКОРИСТАННЯ ВЕКТОРНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПРИКЛАДІ ЧОРНОГО ПОРОХУ ,	25

МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

<i>С. І. БУХКАЛО, Н. В. ЯКИМЕНКО-ТЕРЕЩЕНКО</i> КОМПЛЕКСНІ ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ЗАКЛАДІВ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА	34
<i>А. О. ОСТАПОВЕЦЬ, В. І. КОНЬШИН</i> КРИТЕРІАЛЬНИЙ МЕТОД КВАЛІФІКАЦІЇ СТРАТЕГІЇ ПІДВИЩЕННЯ НОМІНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ	47

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

<i>С. І. БУХКАЛО</i> ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ – ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ	53
<i>О. В. ЄФІМОВ, В. Л. КАВЕЦЕВ, А. В. ПОДОБІН, В. О. ДЯГЛІЄВ</i> ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ РЕМОНТІ АТОМНИХ ЕНЕРГОБЛОКІВ В СУЧАСНОМУ СВІТІ	64
<i>Д. А. КРАТ, В. М. САВИК, С. І. БУХКАЛО, О. О. АГЕЙЧЕВА</i> ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ЗА ОЦІНКОЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГЕРМЕТИЗУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОТИВИКИДНОГО МЕХАНІЗМУ	71

ІННОВАЦІЙНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

<i>О. М. КУЦИК, В. М. САВИК, С. І. БУХКАЛО, О. О. АГЕЙЧЕВА</i> ПРИКЛАД ПРОЕКТУВАННЯ ТАЛЕВОЇ СИСТЕМИ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ БУ 5000 ДГУ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ОБЛАДНАННЯ	80
ЗМІСТ	91

CONTENT

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC DEVELOPMENTS

<i>R. O. BANK, N. NIMETS</i> SOME ASPECTS OF PREPARATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT REPORTS IN THE SPHERE OF GAS PRODUCTION ANOTATION	3
<i>S. I. BUKHKALO, A. O. AGEICHEVA, K. H. HAVRYLIEVA, P. R. CHMYHUN</i> MEDIA STUDY, PROJECT MANAGEMENT AND FOREIGN LANGUAGES TEACHING INTEGRATING METHODS REVIEW .	17
<i>P. A. KOZUB, N. YILMAZ, S. M. KOZUB, ZH. V. DEINEKO, S. O. VAMBOL</i> USE OF VECTOR APPROACH FOR STUDYING COMPLEX CHEMICAL PROCESSES ON THE EXAMPLE OF BLACK POWDER	25

MODELING AS A TOOL OF INNOVATION

<i>S. I. BUKHKALO, N. V. YAKYMENKO-TERESHCHENKO</i> COMPLEX BASES OF DESIGNING EQUIPMENT FOR HOTEL AND RESTAURANT ESTABLISHMENTS	34
<i>A. O. OSTAPOVETS, V. I. KONSHIN</i> CRITERION-BASED METHOD FOR QUALIFYING THE STRATEGY OF INCREASING THE NOMINAL POWER OF NUCLEAR REACTORS	47

ENERGY AND RESOURCE SAVING AS PROBLEMS AND TECHNOLOGIES OF INNOVATIONS

<i>S. I. BUKHKALO</i> BASICS OF DESIGNING CHEMICAL EQUIPMENT FOR ENERGY-EFFICIENT CHEMICAL PRODUCTIONS – GENERAL CHARACTERISTICS AND CAPABILITIES	53
<i>O. V. YEFIMOV, V. L. KAVERTSEV, A. V. PODOBIN, V. O. DIAGHIYEV</i> INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN REPAIR OF NUCLEAR POWER UNITS IN THE MODERN WORLD	64
<i>D. A. KRAT, V. M. SAVYK, S. I. BUKHKALO, O. O. AHEICHEVA</i> EXAMPLE OF EQUIPMENT DESIGN BY ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF SEALING ELEMENTS OF ANTI-BLOWOUT MECHANISM	71

INNOVATIVE SCIENTIFIC RESEARCH DIFFERENT PURPOSES

<i>O. M. KUTSYK, V. M. SAVYK, S. I. BUKHKALO, O. O. AHEICHEVA</i> EXAMPLE OF DESIGNING A TAIL SYSTEM OF A DRILLING RIG BU 5000 DGU WITH EQUIPMENT MODERNIZATION ...	80
CONTENT	91

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХПІ»
СЕРІЯ: ІННОВАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У НАУКОВИХ РОБОТАХ
СТУДЕНТІВ**

Збірник наукових праць

№ 2'2024

Головний редактор: канд. техн. наук, чл-кор. НАН вищої освіти України, проф. С.І. Бухкало

Технічний редактор: доц. Н.М. Мірошніченко

Відповідальний за випуск канд. техн. наук, доц. Н.М. Мірошніченко

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХПІ».
Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів.
Тел.: (057) 707-63-04; +380673010613, e-mail: bis.khr@gmail.com

Підп. до друку 31.10.24 р. Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,0. Облік.-вид. арк. 8,75
Тираж 100 пр. Зам. № 25. Ціна договірна.

Друкарня «ФОП Пісня О. В.». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ВО2 № 248750 від 13.09.2017 р.
61002, Харків, вул. Гіршмана, 16а, кв. 21, тел. 0932430788
