

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

ISSN 2520-2057

INTERNATIONAL
SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ИНТЕРНАУКА»

№ 8 (70) / 2019
2 том



**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
«ІНТЕРНАУКА»**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ИНТЕРНАУКА»**

*Свідоцтво
про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
КВ № 22444-12344ПР*

Збірник наукових праць

№ 8 (70)

2 том

Київ 2019

ББК 1
УДК 001
М-43



Повний бібліографічний опис всіх статей Міжнародного наукового журналу «Інтернаука» представлено в: **Polish Scholarly Bibliography; ResearchBib; Turkish Education Index; Наукова періодика України.**

Журнал зареєстровано в міжнародних каталогах наукових видань та наукометричних базах даних: Ulrichsweb Global Serials Directory; Google Scholar; Open Academic Journals Index; Research-Bib; Turkish Education Index; Polish Scholarly Bibliography; Electronic Journals Library; Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky; InfoBase Index; Open J-Gate; Academic keys; Наукова періодика України; Bielefeld Academic Search Engine (BASE); CrossRef.

В журналі опубліковані наукові статті з актуальних проблем сучасної науки.

Матеріали публікуються мовою оригіналу в авторській редакції.

Редакція не завжди поділяє думки і погляди автора. Відповідальність за достовірність фактів, імен, географічних назв, цитат, цифр та інших відомостей несуть автори публікацій.

У відповідності із Законом України «Про авторське право і суміжні права», при використанні наукових ідей і матеріалів цієї збірки, посилання на авторів та видання є обов'язковими.

Редакція:

Головний редактор: **Коваленко Дмитро Іванович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)

Випускаючий редактор: **Золковер Андрій Олександрович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)

Секретар: **Колодіч Юлія Ігорівна**

Редакційна колегія:

Голова редакційної колегії: **Камінська Тетяна Григорівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Заступник голови редакційної колегії: **Курило Володимир Іванович** — доктор юридичних наук, професор, заслужений юрист України (Київ, Україна)

Заступник голови редакційної колегії: **Тарасенко Ірина Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Розділ «Економічні науки»:

Член редакційної колегії: **Алієв Шафа Тифліс огли** — доктор економічних наук, професор, член Ради — науковий секретар Експертної ради з економічних наук Вищої Атестаційної Комісії при Президентові Азербайджанської Республіки (Сумгаїт, Азербайджанська Республіка)

Член редакційної колегії: **Баланюк Іван Федорович** — доктор економічних наук, професор (Івано-Франківськ, Україна)

Член редакційної колегії: **Бардаш Сергій Володимирович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Бондар Микола Іванович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Вдовенко Наталія Михайлівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Гоблик Володимир Васильович** — доктор економічних наук, кандидат філософських наук, професор, Заслужений економіст України (Мукачеве, Україна)

Член редакційної колегії: **Гринько Алла Павлівна** — доктор економічних наук, професор (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Гуцаленко Любов Василівна** — доктор економічних наук, професор (Вінниця, Україна)

Член редакційної колегії: **Дерій Василь Антонович** — доктор економічних наук, професор (Тернопіль, Україна)

Член редакційної колегії: **Денисенко Микола Павлович** — доктор економічних наук, професор, член-кореспондент Міжнародної академії інвестицій і економіки будівництва, академік Академії будівництва України та Української технологічної академії (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Дмитренко Ірина Миколаївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Драган Олена Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Еміне Лейла Кият** — доктор економічних наук, доцент (Туреччина)

Член редакційної колегії: **Сфіменко Надія Анатоліївна** — доктор економічних наук, професор (Черкаси, Україна)

Член редакційної колегії: **Заруцька Олена Павлівна** — доктор економічних наук, професор (Дніпро, Україна)

Член редакційної колегії: **Захарін Сергій Володимирович** — доктор економічних наук, старший науковий співробітник, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Зеліско Інна Михайлівна** — доктор економічних наук, професор, академік Академії економічних наук України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Зось-Кіор Микола Валерійович** — доктор економічних наук, професор (Полтава, Україна)

Член редакційної колегії: **Ільчук Павло Григорович** — доктор економічних наук, доцент (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Клочан В'ячеслав Васильович** — доктор економічних наук, професор (Миколаїв, Україна)

Член редакційної колегії: **Копилюк Оксана Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Кравченко Ольга Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Курило Людмила Ізидорівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Кухленко Олег Васильович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Лойко Валерія Вікторівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Лоханова Наталя Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Малік Микола Йосипович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Мігус Ірина Петрівна** — доктор економічних наук, професор (Черкаси, Україна)

Член редакційної колегії: **Мухсінова Лейла Хасанівна** — доктор економічних наук, доцент (Оренбург, Російська Федерація)

Член редакційної колегії: **Ніценко Віталій Сергійович** — доктор економічних наук, доцент (Одеса, Україна)

Член редакційної колегії: **Олійник Олександр Васильович** — доктор економічних наук, професор (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Осмятченко Володимир Олександрович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Охріменко Ігор Віталійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Паска Ігор Миколайович** — доктор економічних наук, професор (Біла Церква, Україна)

Член редакційної колегії: **Разумова Катерина Миколаївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Рамський Андрій Юрійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Селіверстова Людмила Сергіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Скрипник Маргарита Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Смолін Ігор Валентинович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Сунцова Олеся Олександрівна** — доктор економічних наук, професор, академік Академії економічних наук України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Танклевська Наталія Станіславівна** — доктор економічних наук, професор (Херсон, Україна)

Член редакційної колегії: **Токар Володимир Володимирович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Тульчинська Світлана Олександрівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Хахонова Наталія Миколаївна** — доктор економічних наук, професор (Ростов-на-Дону, Російська Федерація)

Член редакційної колегії: **Чижевська Людмила Віталіївна** — доктор економічних наук, професор (Житомир, Україна)

Член редакційної колегії: **Чубукова Ольга Юріївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Шевчук Ярослав Васильович** — доктор економічних наук, старший науковий співробітник, доцент (Нововолинськ, Волинська обл., Україна)

Член редакційної колегії: **Шинкарук Лідія Василівна** — доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Шпак Валентин Аркадійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Беялов Талят Енверович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Скриньковський Руслан Миколайович** — кандидат економічних наук, член-кореспондент Української академії наук (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Peter Bielik** — Dr. hab. (Словацька Республіка)

Член редакційної колегії: **Eva Fichtnerová** — University of South Bohemia in České Budějovice (Чеська Республіка)

Член редакційної колегії: **József Káposzta** — Dr. hab. (Угорщина)

Член редакційної колегії: **Henrietta Nagy** — Dr. hab. (Угорщина)

Член редакційної колегії: **Venelin Terziev** — Professor Dipl.Eng., PhD, доктор наук з національної безпеки, доктор економічних наук, член-кореспондент Російської академії природної історії (Русе, Болгарія)

Член редакційної колегії: **Anna Törő-Dunay** — Dr. hab. (Угорщина)

Член редакційної колегії: **Miroslaw Wasilewski** — Dr. hab., Associate professor WULS-SGGW (Польща)

Член редакційної колегії: **Natalia Wasilewska** — Doctor of Economic Sciences, professor UJK (Польща)

Розділ «Технічні науки»:

Член редакційної колегії: **Беліков Анатолій Серафімович** — доктор технічних наук, професор (Дніпро, Україна)

Член редакційної колегії: **Луценко Ігор Анатолійович** — доктор технічних наук, професор (Кременчук, Україна)

Член редакційної колегії: **Мельник Вікторія Миколаївна** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Наумов Володимир Аркадійович** — доктор технічних наук, професор (Калінінград, Російська Федерація)

Член редакційної колегії: **Румянцев Анатолій Олександрович** — доктор технічних наук, професор (Краматорськ, Україна)

Член редакційної колегії: **Сергейчук Олег Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Чабан Віталій Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Аль-Абабнех Хасан Алі Касем** — кандидат технічних наук (Амман, Йорданія)

Член редакційної колегії: **Артюхов Артем Євгенович** — кандидат технічних наук, доцент (Суми, Україна)

Член редакційної колегії: **Баширбейлі Адалат Ісмаїл** — кандидат технічних наук, головний науковий спеціаліст (Баку, Азербайджанська Республіка)

Член редакційної колегії: **Коньков Георгій Ігорович** — кандидат технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Кузьмін Олег Володимирович** — кандидат технічних наук, доцент (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Саньков Петро Миколайович** — кандидат технічних наук, доцент (Дніпро, Україна)

ЗМІСТ
CONTENTS
СОДЕРЖАНИЕ

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

- Горбатенко Олена Анатоліївна
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ..... 9
- Турсунов Алишер Мухамадназиревич, Саидкаримова Матлюба Ишановна
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ УЗБЕКИСТАНА..... 12
- Хачатрян Валентина Валентинівна, Ступак Ірина Ігорівна
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МІЖНАРОДНОЇ МІГРАЦІЇ РОБОЧОЇ СИЛИ В УКРАЇНІ 15

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

- Бабенко Віталій Олегович
СИСТЕМА АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ПІСЛЯ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ У РАННЬОМУ
ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОМУ ПЕРІОДІ 18
- Вовк Олексій Вікторович, Компанієць Олег Миколайович, Шмаков Віталій Валерійович,
Гриценко Павло Миколайович, Литвинчук Дмитро Валерійович
СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБРИСУ ПЕРСПЕКТИВНИХ
ЗРАЗКІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ НА ДОПРОЕКТНИХ ЕТАПАХ 23
- Долінський Анатолій Андрійович, Коник Аліна Василівна,
Радченко Наталія Леонідівна, Целень Богдан Ярославович
СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИМИ УСТАНОВКАМИ
І ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ..... 28
- Іщенко Тетяна Іванівна, Дочинець Інга Вікторівна, Скрибченко Анастасія Вікторівна
ЗБАГАЧЕННЯ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ
ІНГРЕДІЄНТАМИ 36
- Котляр Ілля Сергійович, Гриша Олена Василівна
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ГАРМОНІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ОСОБИСТОСТІ КЕРІВНИКА
КОМПАНІЇ 40
- Люта Наталія Вікторівна, Лісафін Володимир Петрович
МЕХАНІЗМ ВПЛИВУ МАГНІТНОГО ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛІВ НА РЕОЛОГІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ НАФТИ..... 45
- Марчевський Віктор Миколайович, Новохат Олег Анатолійович, Маргарян Артем Арманович
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЦЕОЛІТУ 49

Несевря Павел Иванович, Наумов Владислав Александрович, Долотий Марина Анатольевна ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ДЕМОНТАЖА ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ.....	55
Репнікова Наталія Борисівна, Бердник Юрій Михайлович РОЗВИТОК МОЖЛИВОСТЕЙ СИНТЕЗУ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА БАЗІ ФУНКЦІЙ ЛЯПУНОВА.....	61
Семінський Олександр Олегович, Онищенко Дмитро Миколайович ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ВКОРОЧЕННЯ ВОЛОКОН ПРИ ОБРОБЦІ ВОДО-ВОЛОКНИСТИХ СУСПЕНЗІЙ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ.....	67
Шафаренко Микола Васильович, Воробйова Ольга Володимирівна ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ МЕМБРАННИХ АПАРАТІВ ТА МЕМБРАННОГО БІОРЕАКТОРА.....	71
Якимів Йосип Васильович, Бортняк Олена Михайлівна ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗДІЛЬНИКІВ У РАЗІ ПОСЛІДОВНОГО ПЕРЕКАЧУВАННЯ РІЗНОСОРТНИХ НАФТ МАГІСТРАЛЬНИМИ ТРУБОПРОВОДАМИ	75

УДК 339.97

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Горбатенко Олена Анатоліївна

старший викладач кафедри економіки

ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди»

Горбатенко Елена Анатольевна

старший преподаватель кафедры экономики

ГВУЗ «Переяслав-Хмельницкий государственный педагогический университет имени Григория Сковороды»

Gorbatenko Olena

Senior Teacher of the Department of Economics

SHEE «Pereiaslav-Khmelnytskyi Hryhori Skovoroda

State Pedagogical University»

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR INNOVATIVE ACTIVITY DEVELOPMENT AT UKRAINE ENTERPRISES

Анотація. В статті досліджено теоретичні та практичні питання проблем та перспектив розвитку інноваційної діяльності на підприємствах України, як інструменту впливу на економічний розвиток країни в цілому. Одним із основних факторів забезпечення стабільного економічного розвитку нашої країни є інноваційна діяльність підприємств.

Ключові слова: економіка, інновація, інноваційний розвиток, інноваційний потенціал, підприємництво, бізнес, інноваційна активність, конкурентоспроможність, інноваційні технології, інноваційна продукція.

Аннотация. В статье исследованы теоретические и практические вопросы проблем и перспектив развития инновационной деятельности на предприятиях Украины, как инструмента влияния на экономическое развитие страны в целом. Одним из основных факторов обеспечения стабильного экономического развития нашей страны является инновационная деятельность предприятий.

Ключевые слова: экономика, инновация, инновационное развитие, инновационный потенциал, предпринимательство, бизнес, инновационная активность, конкурентоспособность, инновационные технологии, инновационная продукция.

Summary. The article deals with theoretical and practical issues of problems and perspectives of development of innovation activity at Ukrainian enterprises as an instrument of influence on economic development of the country as a whole. One of the main factors in ensuring the stable economic development of our country is the innovative activity of enterprises.

Key words: economy, innovation, innovation development, innovation potential, entrepreneurship, business, innovation activity, competitiveness, innovative technologies, innovative products.

Забезпечення інноваційного розвитку вітчизняних підприємств є основною передумовою їх виживання, динамічного зростання та виходу на міжнародні ринки у глобальному конкурентному середовищі, про що свідчать світові економічні тренди. Відповідно до значення глобального індексу інновацій Україна в 2017 році займає 50 місце з 127

країн світу, що є кращим результатом за останні роки (у 2016 р. — 56 місце, у 2015 р. — 64 місце, у 2014 р. — 63 місце).

За даними Державної служби України у 2016 році частка підприємств, які займалися інноваційною діяльністю, залишається дуже незначною — 18,9% (збільшення з попереднім роком становило

1,54%), але загальна сума витрат на інновації зросла на 68,17% та становила 23229,5 млн. грн. Пріоритетним напрямком інноваційних витрат залишається придбання машин, обладнання та програмного забезпечення — 85,36%, частка досліджень та розробок складає 10,58%, придбання інших зовнішніх знань — 0,28%, а інших витрат — 3,78% [1].

Питома вага загального обсягу витрат на фінансування інноваційної діяльності у ВВП становила 0,97% (для порівняння у 2015 р. — 0,69%). Практично єдиним джерелом фінансування інноваційної діяльності в Україні остаються власні кошти, питома вага яких зменшилася у порівнянні з попереднім роком на 2,35% в загальному обсязі всіх джерел і склала 94,86%, частка фінансування за рахунок державного бюджету збільшилася до 0,77% (зростання на 0,37%). Практично нульова вага фінансування інноваційної діяльності за рахунок іноземних інвестицій (у 2015 р. — 0,4%) ще більше зменшилася як в абсолютному, так і відносному визначенні та склала у 2016 році тільки 0,1% (23,4 млн. грн), відповідно, частка інших джерел фінансування становила 4,27% (у 2015 р. — 1,99%) [2].

Таким чином, основними проблемами фінансування інноваційного розвитку підприємств України є: низькі обсяги витрат підприємств на інноваційну діяльність; концентрація витрат підприємств на інновації напрямку придбання машин, обладнання та програмного забезпечення; низька частка витрат підприємств на внутрішні та зовнішні науково-дослідні роботи; нестача власних коштів та брак фінансової підтримки інноваційної діяльності підприємств з боку держави; відсутність довгострокового кредитування інноваційної діяльності підприємств з боку банківського сектора; підвищений ризик будь-яких форм інвестування [3].

Країни у сучасному світі змушені здійснювати пошук ефективної моделі інноваційного розвитку, яка б забезпечувала високий рівень конкурентоспроможності і орієнтувала національну економіку на довгострокове зростання. Інноваційна модель — особлива система відносин, інститутів, які створюють належні умови для науково-технічного прогресу в межах і під впливом визначеної державної інноваційної політики. Інноваційна політика будь-якої країни є вагомим важелем для забезпечення структурної перебудови економіки та пошуку шляхів наповнення ринку країни як інноваційною так і конкурентоспроможною продукцією, що дозволить подолати спад в економіці країни та конкурувати в глобальному економічному просторі.

Результати дослідження. Проаналізувавши теоретичні та аналітичні дані у сфері інноваційної діяльності, можемо зробити висновки, що політика Європейського Союзу спрямована на створення сприятливих умов задля розробок і впроваджень інновацій на промислових підприємствах. Проблема фінансування інноваційних процесів перш за все

полягає у ризикованості вкладення значних інвестиційних ресурсів з довготривалою перспективною окупністю.

Запропоновано такі шляхи вирішення проблеми: переорієнтація розподілу державного бюджету на підвищення частки фінансових ресурсів, що виділяється на впровадження інноваційних процесів на промислових підприємствах; поширення інформації та її обмін з іноземними підприємствами щодо впровадження інноваційного процесу задля підвищення рівня свідомості та знання всіх факторів, які впливають; перейняття досвіду та поширення ефективних схем впровадження інновацій; реформування нормативно-правового аспекту захисту права власності; реформування надання банками кредитів на довгострокові проекти, а саме зниження процентної ставки чи її часткової оплати державою; впровадження відкритої системи фінансування, тобто прозорість у розпорядженні інвестиціями задля демонстрації іноземним інвесторам зниження рівня коруптованості; поширення інформації щодо ефективності впровадження інновацій задля зацікавленості робочої сили у підвищенні кваліфікації та перекваліфікації. Вжиття зазначених заходів зможе покращити тенденції фінансування інноваційної діяльності в Україні лише за їх комплексної програми впровадження та з урахуванням передового досвіду країн ЄС [5].

Рішення проблем підвищення інноваційної активності вітчизняних підприємств вимагає комплексного підходу, поєднання заходів макроекономічної політики з заходами на рівні мікроекономіки, загальнодержавних дій з ініціативами самих підприємств. Важливим є поєднання заходів економічного, організаційного і адміністративно-законодавчого характеру.

Важливо відзначити, що багато регіонів України, в цілому, володіючи високим науково-технічним потенціалом, мають недостатній рівень розвитку регіональної інноваційної системи, що є наслідком: недостатньою інноваційної привабливості інноваційної сфери в порівнянні з іншими галузями економіки; недосконалою системою професійної підготовки кадрів для інноваційної сфери; технологічну відсталість і, як наслідок, низьку конкурентоспроможність продукції деяких галузей; нерозвиненість сфери малих інноваційних підприємств, що володіють необхідною гнучкістю для швидко мінливих умов ринку; відсутність механізму реалізації результатів інтелектуальної діяльності в реальний сектор високотехнологічного виробництва; недостатній рівень розвитку інфраструктури регіональної інноваційної системи, включаючи фінансове, інформаційне, консалтингове, маркетингове забезпечення; відсутність системи експертизи, конкурсного відбору та венчурного фінансування науково-технічних проектів, що забезпечують створення високотехнологічної продукції; відсутність венчурних організацій, що

працюють на принципах проектного фінансування та управління інноваційними проектами [7].

У число основних напрямків щодо вирішення зазначених проблем слід віднести підвищення ефективності управління розвитком підприємств, і перш за все, забезпечення збалансованості поточної і стратегічної інноваційної діяльності, підвищення обґрунтованості вибору її перспективних напрямів, зниження ризикованості, адаптацію управління розвитком підприємств до умов зміни середовища.

Малі інноваційні підприємства, як найбільш гнучка, адаптивна та креативна організаційна форма, повинні бути структурами-індикаторами, що визначають напрямки інноваційного розвитку, що генерують інноваційні ідеї. Виходячи із закордонного досвіду, такі підприємства викликають величезний інтерес великих компаній, які купують їх разом з інноваційними ідеями. На жаль, сьогодні ми змушені констатувати низький рівень інноваційної активності малих підприємств, а, отже, поки неможливо використовувати даний компонент в повному обсязі його потенційних можливостей в якості фактора розвитку регіональної інноваційної системи [6].

Створення і розвиток інноваційного середовища — масштабна і складна задача, вирішити яку неможливо без добре продуманих і узгоджених ефективних дій з боку органів влади, економічного і на-

укового співтовариств. Тому при організації інноваційної діяльності правильним буде виходити з того, що хоча ринкова економіка більш сприйнятлива до інновацій, ніж директивна, це не відбувається автоматично. Потрібні добре розвинені прямі і зворотні зв'язки між усіма учасниками інноваційного процесу. Узгодженість дій має ключове значення для успіху в силу обмеженості фінансових і кадрових ресурсів і обмеженого часового фактора. Тільки при наявності скоординованого плану можна уникнути розпилення зусиль, дублювання функцій різними учасниками і простою проектів.

Економічне співтовариство в особі промислових підприємств має відповідально і професійно висловити своє бажання для розвитку діалогу з органами влади щодо визначення вигідних напрямків розвитку інноваційного механізму в області та ресурсного забезпечення економічного зростання. Тож, держава і економічне співтовариство виступають партнерами у спільних діях, які регулюють ріст активності в інноваційній діяльності підприємств в Україні. Координації спільних зусиль держави та економічного співтовариства — ось одне з найважливіших організаційних завдань, яке дозволить вирішити існуючі в інноваційній діяльності підприємств проблеми і тим самим забезпечити сталий інноваційний розвиток економіки України.

Література

1. ДСТУ ISO 9001: 2018. Показники структурної статистики по суб'єктах господарювання. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. Концепція державної економічної програми розвитку малого і середнього підприємництва на період до 2020 року. URL: lis.gov.ua/.../article/.../Proekt_Koncepcii_do_2020_roku.doc
3. Панченко В. 50 відтінків малого бізнесу. URL: <http://dda.dp.ua/2017/02/15/50-vidtinkiv-malogo-biznesu/>
4. Doing business-2017. Україна в рейтингу світового банку легкості ведення бізнесу. Економічний дискусійний клуб. URL: <http://edclub.com.ua/analytika/doing-business-2017-ukrayina-v-reytyngu-svitovogobanku-legkosti-vedennya-biznesu>
5. Позиція України в рейтингу країн світу за індексом глобальної конкурентоспроможності 2016–2017. URL: <http://edclub.com.ua/analytika/pozyciya-ukrayiny-v-reytyngu-krayin-svitu-za-indeksom-global-noyiko-nkurentospromozhnosti-1>
6. Ділові очікування підприємств України. IV квартал 2016 року. НБУ. URL: <https://bank.gov.ua/doccatalog/document?id=37944604>
7. Кавецький В. В., Причепа І. В., Л. О. Нікіфорова Л. О. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2015. 136 с.

УДК 665.6:(575.1)

Турсунов Алишер Мухамадназирович

кандидат экономических наук,

доцент кафедры «Экономика промышленности»

Ташкентский государственный технический университет

Tursunov Alisher

Candidate of Economic Sciences,

Associate Professor, Department of Industrial Economics

Tashkent State Technical University

Саидкаримова Матлюба Ишановна

кандидат экономических наук,

доцент кафедры «Экономика промышленности»

Ташкентский государственный технический университет

Saidkarimova Matlyuba

Candidate of Economic Sciences,

Associate Professor, Department of Industrial Economics

Tashkent State Technical University

DOI: 10.25313/2520-2057-2019-8-4960

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ УЗБЕКИСТАНА

CONDITION AND PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT OF THE OIL-GAS INDUSTRY OF UZBEKISTAN

Аннотация. В статье на основе экономического анализа дана оценка современному состоянию, а также выявлены основные проблемы и пути их решения через призму перспектив развития нефтегазовой отрасли Республики Узбекистан.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, промышленность, инвестиции, структура отрасли, инновации, издержки производства.

Summary. On the basis of the economic analysis, the article assesses the current state and also identifies the main problems and their solutions through the prism of the prospects for the development of the oil and gas industry of the Republic of Uzbekistan.

Key words: fuel and energy resources, industry, investment, industry structure, innovation, production costs.

Нефтегазовый сектор является стратегически значимой отраслью экономики страны и играет огромную роль в экономическом развитии Республики Узбекистан. Это проявляется, во-первых, в том, что доля отрасли в валовом внутреннем продукте страны составляет 15%, почти пятую часть в структуре промышленного производства, оказывает огромный мультипликативный эффект на развитие всех отраслей экономики страны. Во-вторых, динамичное развитие национальной экономики страны требует адекватного энергообеспечения. Поддержание высоких темпов экономического роста не возможно без значительных усилий для сохране-

ния устойчивого развития нефтегазового сектора, снабжающего экономику страны энергетическими ресурсами.

Необходимо отметить, что Узбекистан располагает богатыми запасами нефтегазового сырья и минерально-сырьевых ресурсов. В структуре первичных топливно-энергетических ресурсов страны 97% занимают нефть и газ, геологические запасы природного газа — более 5 трлн. куб. м., нефти 5 млрд. тонн. Доказанные запасы природного газа — 1,1 трлн. м³, нефти — 100 млн. тонн [1]. В структуре энергобаланса Узбекистана в основном преобладают углеводороды — их доля составляет более 96%.

В Узбекистане вопросами добычи и переработки углеводородов и обеспечения ими отраслей экономики и населения занимается АО «Узбекнефтегаз», компания, имеющая полный производственный цикл — от геологоразведки, через собственно добычу, переработку нефти и газа, вплоть до сбыта продуктов конечным потребителям. В ее состав входят 6 дочерних акционерных компаний: «Узгеобурнефтегаз», «Узнефтегаздобыча», «Узтрансгаз», «Узнефтепродукт», «Узнефтегазстройинвест», «Узнефтегазмаш», объединяющие более 190 предприятий. Мощности Национальной компании «Узбекнефтегаз» позволяют обеспечивать добычу природного газа в объеме порядка 60–70 млрд. кубометров и жидких углеводородов в объеме 8 млн. тонн в год. АО «Узбекнефтегаз» занимает 11 место в мире по добыче природного газа [2]. Добыча нефти в Узбекистане в 2017 году составила 806 тысяч тонн, добыча природного газа составила 56,4 миллиардов кубометров [3]. Узбекистан по добыче природного газа занимает третье место среди стран СНГ и входит в десятку крупнейших газодобывающих стран мира. Ежегодно в республике добывается около 60 млрд. кубометров газа, часть которого экспортируется в Китай и Россию. Необходимо отметить, что более половины привлекаемых в экономику нашей страны инвестиций приходится на нефтегазовую отрасль [4].

В 2010–2017 гг. объем инвестиций по АО «Узбекнефтегаз» вырос в 7,0 раза. Объем производства продукции вырос почти на 80%, что дало возможность проделать определенную работу по техническому оснащению и перевооружению производства, совершенствовать структуру отрасли, а так же производственную деятельность предприятий в целях обеспечения конкурентоспособности производимой продукции на мировом рынке.

Однако за минувшие годы в отрасли накопилось множество проблем. Прогноз по добыче природного газа и производству нефтяной продукции на 2017 год не был выполнен вследствие отсутствия должного роста запасов. Не соответствует требуемому уровню и работа по модернизации и ремонту мощностей по добыче природного газа и газотранспортных сетей. Вследствие этого в процессе доставки добытого газа потребителю теряется 6 процентов данного ресурса [4]. При этом основная часть магистральных газопроводов и газораспределительной системы построена в прошлом веке и нуждается в ремонте.

Недостаточно эффективно и созданная система управления. Это проявляется, прежде всего, в чрезмерной сложности и многоступенчатости системы управления компанией, что неизбежно ведет к дублированию функций, эффективному использованию финансовых ресурсов при их дефиците. В таком состоянии отрасль имеет ограниченные возможности для эффективного развития, в том числе реализации масштабных инвестиционных проектов, направленных на расширение добычи и повышение эффективности переработки нефтегазового сырья.

В структуре экспорта продукции отечественной нефтепереработки преобладают относительно дешевые нефтепродукты, при этом доля топочных нефтепродуктов с высокой добавленной стоимостью крайне мала. Необходимо отметить, что в отрасли значительная доля переработки нефти и газа приходится на продукцию начальной и средней переработки, а доля производство продукции глубокой переработки и высокотехнологичных видов продукции незначительна. В настоящее время в нефтегазовой отрасли глубоко перерабатывается для получения продукции с высокой добавленной стоимостью лишь 2 процента природного газа. При этом удельный расход энергоресурсов на действующих отечественных заводах в 2–3 раза превышает зарубежные аналоги [5]. При этом степень износа основных фондов, на конец 2016 года, по компании составила 42,6%. Вследствие этого невысоким остается качество выпускаемых нефтепродуктов.

Это показывает, что в развитии отрасли существует ряд проблем, которые требуют своего решения:

- недостаточный масштаб геологоразведочных работ, необходимость модернизаций действующих и открытие новых месторождений с целью обеспечения растущих потребностей экономики страны в топливно-энергетических ресурсах;
- несовершенство структуры производства;
- необходимость улучшения инвестиционного климата и на этой основе расширение привлечения инвестиций;
- высокий уровень энергопотребления, использования устаревших энергоемких и экономически несовершенных технологий, что негативно отражается на экономической эффективности отрасли;
- острой проблемой является также износ оборудования и газораспределительной системы;
- несоответствие существующей системы управления отраслью задачам проведения реформ, преодоления негативных тенденций в развитии отрасли и обеспечению эффективного функционирования отрасли в современных условиях.

Необходимо отметить, что в соответствии со Стратегией действий дальнейшего развития Республики Узбекистан на 2017–2021 годы предусмотрено коренная модернизация и в нефтегазовой промышленности. В частности, утверждена программа по увеличению добычи углеводородного сырья до 2021 года, определены механизмы ее реализации. В соответствии с данной программой Узбекистан к 2022 году планирует общий прирост добычи природного газа довести до 53,5 млрд. кубометров, 1,1 млн. тонн газового конденсата и нефти — 1,9 млн. тонн. Это предусмотрено программой по увеличению добычи углеводородного сырья в республике на 2017–2021 годы. Объем инвестиций в реализацию программы оценивается в \$3,9 млрд. [6]. НХК «Узбекнефтегаз» в период до 2030 годах осуществит прирост запасов углеводородов в 2,2 раза — до 5,6 млрд.

тонн условного топлива. Для создания надежной сырьевой базы и поддержания уровня добычи газа на период до 2030 года необходимо ежегодно наращивать запасы сырья в объемах, превышающих их добычу, в 1,1–1,5 раза. По расчетам холдинга, в рамках концепции развития нефтегазовой отрасли на период до 2030 года ожидается прирастить природного газа в объеме 2,393 триллиона м³, запасов нефти — 132,4 миллиона тонн, конденсата — 102,6 миллиона тонн. Для достижения указанных целей до 2030 года предусматривается выполнить перспективные сейсморазведочные работы [7].

Таким образом, для того, чтобы обеспечить эффективное развитие нефтегазовой отрасли в перспективе необходимо:

- дальнейшее расширение ресурсной базы отрасли, достижение прироста запасов углеводородов посредством расширения масштабов геологоразведочных работ, увеличение объемов добычи, модернизация действующих и открытие новых месторождений;
- внедрение в систему добычи и переработки углеводородного сырья энерго- и ресурсосберегающих экономически рентабельных технологий, что обеспечит глубокую переработку нефтегазового сырья на основе внедрения инновационных технологий с целью увеличения доли продукции глубокой переработки и высокотехнологичных видов продукции, топочных нефтепродуктов с высокой добавленной стоимостью, для этого необходимо уделить приоритетное внимание нефтегазовой химии, что даст возможность расширить производство новых видов продукции;
- создание новых механизмов обеспечения равной защиты интересов государства и инвесторов, разработка стратегии реализации проектов с привлечением прямых инвестиций крупных компаний стран, обладающих большим опытом в нефтегазовой отрасли, и на этой основе расширение привлечения инвестиций как на геологоразведочные работы, добычу, так и на переработку нефтегазового сырья;

- проведения модернизации инфраструктуры объектов добычи углеводородов, совершенствование технологических процессов разработки месторождений и добычи углеводородов, магистральных газопроводов и газораспределительных систем, а также систем энергетического оборудования на всех этапах технологических процессов, внедрение современных ресурсосберегающих инновационных технологий, что даст возможность улучшить качество и увеличить объем выхода конечной готовой продукции с низкой себестоимостью;
- для совершенствования системы управления необходимо проведение ряд мероприятий, направленных на оптимизацию организационной структуры компании, в частности выведение из системы непрофильных организаций, максимальное сокращение управленческих звеньев с дублирующими функциями;
- совершенствование экономического механизма устойчивого развития нефтегазовой отрасли и её предприятий и, прежде всего, обеспечение финансовой устойчивости за счёт введения жёсткого режима экономии, стимулирование снижения производственных затрат и себестоимости продукции;
- немаловажное значение имеет для компании снижение издержек при транспортировке углеводородов и конечных нефтепродуктов, для этого необходимо разработать меры по диверсификации логистических маршрутов отрасли, определить оптимальные транспортные коридоры и тарифы, обеспечивающие снижение затрат на импорт сырья и экспорт продукции.

Таким образом, реализация выше перечисленных мер даст возможность внедрению современных технологий в производство, обеспечить углубленную переработку сырьевых ресурсов, освоение производства конкурентоспособной, востребованной на внутреннем и внешнем рынках высококачественной продукции, рост добавленной стоимости отрасли, повышение конкурентоспособности и укрепление экспортных позиций АО «Узбекнефтегаз» и тем самым расширение экспортного потенциала Республики Узбекистан.

Литература

1. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. URL: <http://www.uz24.uz/>
3. URL: ru.sputniknews-uz.com.
4. URL: <http://www.uz24.uz/ru/politics/obsuzhdeny-effektivnost-i-perspektivy-neftegazovoy-otrasli-25-01-2018>
5. Хашимова Н. А. Определение особенностей инновационного развития нефтегазовой отрасли Узбекистана. Материалы республиканской научно-практической Конференции. Ташкент: Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина в г. Ташкенте, 2016. С. 272–273.
6. URL: <https://nuz.uz/ekonomika-i-finansy/23173-uzbekistan-do-2021-g-vlozhit-v-razvitie-neftegazovoy-otrasli-bolee-30-mlrd.html>
7. Увраймов И. А. Обзор ключевых трендов на мировом и центральноазиатском нефтегазовом рынке. Узбекский журнал нефти и газа. Т. Спец выпуск, май, 2013. С. 28–35.

УДК 330

Хачатрян Валентина Валентинівна

кандидат економічних наук, доцент,

доцент кафедри економіки та міжнародних відносин

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

Хачатрян Валентина Валентиновна

кандидат экономических наук, доцент,

доцент кафедры экономики и международных отношений

Винницкий торгово-экономический институт КНТЕУ

Khachatryan Valentine

Candidate of Economics Sciences, Associate Professor

Vinnitsia Institute of Trade and Economics of KNUTE

Ступак Ірина Ігорівна

студент

Вінницького торговельно-економічного інституту КНТЕУ

Ступак Ирина Игоревна

студент

Винницкого торгово-экономического института КНТЕУ

Stupak Iryna

Student of the

Vinnitsia Institute of Trade and Economics of KNUTE

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МІЖНАРОДНОЇ МІГРАЦІЇ РОБОЧОЇ СИЛИ В УКРАЇНІ

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ МИГРАЦИИ РАБОЧЕЙ СИЛЫ В УКРАИНЕ

TRENDS IN INTERNATIONAL LABOR MIGRATION IN UKRAINE

Анотація. У статті розглянуто місце України в світі за кількістю емігрантів, найбільш привабливі країни для розміщення свого трудового потенціалу. Було роз'яснено динаміку зовнішньої міграційної активності. Визначено основні причини міграції українців, сфери зайнятості українських працівників за кордоном. Зазначено наслідки міграції та необхідність створення в Україні належних умов для соціально-економічного розвитку.

Ключові слова: міжнародна міграція, трудова міграція, зайнятість, проблеми та причини міграції, наслідки.

Аннотация. В статье рассмотрены место Украины в мире по количеству эмигрантов, наиболее привлекательные страны для размещения своего трудового потенциала. Была разъяснена динамика внешней миграционной активности. Определены основные причины миграции украинцев, сферы занятости украинских работников за рубежом. Указано последствия миграции и необходимость создания в Украине условий для социально-экономического развития

Ключевые слова: международная миграция, трудовая миграция, занятость, проблемы и причины миграции, последствия.

Summary. The article is devoted to the Ukraine's place in the world's number of immigrants and the most attractive countries to accommodate their working capacity. The authors clarify the dynamics of external migration activity. The article outlines the main reasons for migration of Ukrainians and areas of employment of Ukrainian workers abroad. Also the authors define accurately the consequences of migration and the need to create in Ukraine conditions for socio-economic development have been revealed

Key words: international migration, labor migration, employment, migration issues and causes, consequences.

Головною метою є дослідити особливості міжнародної міграції робочої сили в Україні в сучасних умовах, зазначити актуальні потоки українських трудових мігрантів, проаналізувати роль України у міграційних процесах та можливі варіанти покращення ситуації.

Міжнародна міграція — це переселення людей, що залишають країну свого походження або постійного місця проживання, в іншу країну тимчасово або постійно. Трудова міграція — це переміщення особи з метою тимчасового працевлаштування, що супроводжується перетинанням державного кордону (зовнішня трудова міграція) або меж адміністративно-територіальних одиниць України (внутрішня трудова міграція). Міжнародна трудова міграція, масштаби та її інтенсивність в Україні є значними, через політичну та економічну нестабільність, що характерні для сучасного стану нашої країни. Саме це сприяє формуванню міграційних потоків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Окремим проблемам міжнародної міграції та України у ній присвячені праці Н. В. Бахчеванової, С. М. Січко, К. В. Шиманської, І. І. Кукурудзи, Д. С. Дюмона та інших.

Процес міграції робочої сили в наші дні тісно пов'язаний з економічною складовою. Існуючі міграційні потоки у світовій економіці, можна класифікувати в окремі групи, виходячи з рівня соціально-економічного розвитку країн. Міграція робочої сили допомагає згладжувати нерівномірність розподілу доходів населення в усьому світі, яка дуже важлива для світової економіки, оскільки ця обставина є запорукою соціальної і політичної стабільності в державах і регіонах світу з хронічно високим рівнем безробіття [4, с.114].

За статистичними даними [6] Україна є п'ятою країною у світі за кількістю емігрантів після Мексики, Індії, Росії і Китаю. Основними країнами призначення на нашому континенті залишаються Польща, Чехія, Італія, Росія. На ці країни припадає близько 80% загальних потоків короткострокових та довгострокових трудових мігрантів з України.

З причин військового конфлікту і глибокої економічної кризи, проеміграційні настрої населення зростають. Спроби вирішити проблеми пошуком роботи за кордоном полегшуються у зв'язку з набутим досвідом українців і потужними міграційними мережами що виникли в останні десятиліття. Опитування на замовлення МОМ (Міжнародної організації міграції) навесні 2018 року показали, що 10% українців планують знайти роботу за кордоном найближчим часом або вже знайшли її. За даними аналогічного дослідження 2015 року, їх частка складала 8% [2, с.14].

Основними сферами зайнятості українських робітників за кордоном є, насамперед, будівництво — серед чоловіків і праця в домашніх господарствах — серед жінок, а також сфера послуг та сільське господарство (Рис. 1).

Серед довгострокових трудових мігрантів країн Східної та Південно-Східної Європи (ПССЕ), найбільшу частину осіб, що мають вищу освіту, складають саме українці. Проте, це не є підставою вважати, що освіта та досвід трудових мігрантів задовольняють потреби ринку праці як в Україні, так і у країнах-реципієнтах. З одного боку, значна частка освічених людей, професійно досвідчених осіб, серед них — вчителі, інженери, лікарі, фахівці IT-сфери тощо, сприяє «витоку мізків» з країни у процесі залучення до трудової міграції. З іншого — досить часто

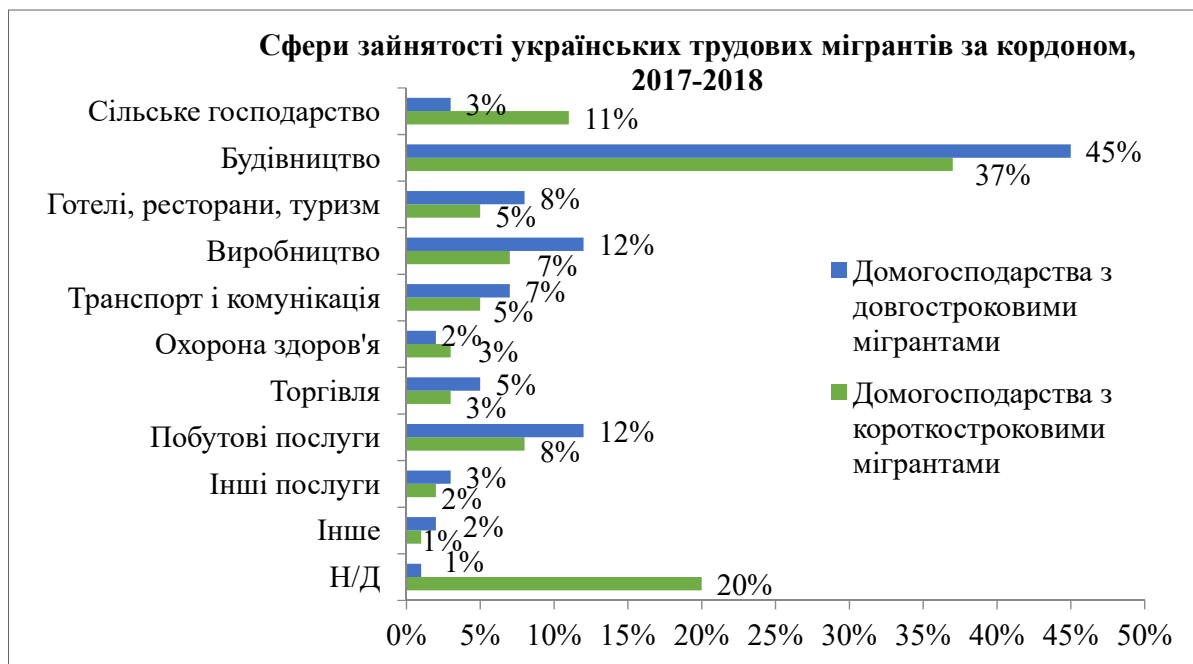


Рис. 1. Основні сфери зайнятості мігрантів [2, с. 14]

відбувається процес втрати кваліфікації (навичок) через вимушеність займатись трудовою діяльністю нижчої кваліфікації.

Потоки міжнародної трудової міграції здійснюють значний вплив на різні сторони життя суспільства, нарівні з іншими аспектами розвитку це призводить як до позитивних так і до негативних наслідків. Так як Україна є державою-донором трудових ресурсів, то трудова еміграція має відповідні наслідки. Серед позитивних — покращення матеріального становища заробітчан та їх сімей, покращення добробуту, підвищення рівня забезпеченості товарами тривалого використання, зниження рівня зареєстрованого і природного безробіття, зниження витрат держави на підтримку та перекваліфікацію безробітних, створення підприємств за рахунок міграційного капіталу тощо.

Варто зазначити, що обсяги грошових переказів міжнародних мігрантів стрімко зростали як за рахунок збільшення кількості міжнародних мігрантів (включаючи трудових), так і через значне розширення можливостей здійснення транскордонних трансфертів. Власне, потоки міжнародних грошових переказів стали найважливішим джерелом зовнішнього фінансування для країн, що розвиваються. Впродовж останнього десятиліття темп приросту обсягів грошових переказів перевищив приріст обсягів приватного капіталу і офіційно наданої міжнародної допомоги.

Щодо негативних наслідків, то тут слід говорити про загрозу зменшення виробництва продукції на експорт у зв'язку зі зростанням обсягів грошових переказів, можливість прискорення інфляційних процесів у випадку незначного нарощування внутрішнього виробництва, з'являються особи-безробітні, яких влаштовує їх непродуктивне становище на ринку праці («паразитичний» спосіб життя лише на зароблені за кордоном кошти), грошові перекази трудових емігрантів в Україну є значно меншими за користь, яку вони принесли іншій країні. Внаслідок виїзду робочої сили з України відбувається відчутне послаблення національної економіки, оскільки за кордон мігрує конкурентоздатна частина населення, що в свою чергу, радикально підриває трудовий

потенціал, який є головним фактором соціально-економічного розвитку суспільства.

Аналіз причин сучасної еміграції з України показує, що вона характеризується двома основними чинниками. З одного боку, це елементарний пошук роботи з метою забезпечення себе й родини засобами для життя, а, з іншого, — пошук гарантованої можливості самореалізації. За сучасних умов співвідношення цих факторів весь час змінюється з незначною перевагою одної над іншою.

Загалом, процеси міжнародної міграції робочої сили є невід'ємною складовою розвитку міжнародних економічних відносин, це об'єктивний процес, який зумовлений економічними й неекономічними чинниками. Сьогодні ці відносини відчувають помітний вплив явища світової глобалізації, яка суттєво прискорює процеси міжнародної міграції робочої сили. Україна приймає активну участь у цих процесах, що в свою чергу має деякі протиріччя й потребує удосконалення відносин з приводу міграції робочої сили.

Характер, причини та масштаби українських міграційних процесів потребують сьогодні розробки та впровадження виваженої політики, яка має нівелювати негативні наслідки трудової міграції, сприяти безпеці країни, нарощуванню її економічного потенціалу та зростанню добробуту населення. Загалом, наслідки міграції залежать від того, чи є певна країна, країною-постачальником, або країною-користувачем іноземної робочої сили. Україна ж є постачальником робочої сили в значно більших обсягах ніж користувачем іноземної, тому заходи у сфері регулювання міграції повинні бути спрямовані на захист національного виробництва та запобігати остаточному витіканню кваліфікованих робітників.

Для цього повинні бути створені відповідні умови для нормального працевлаштування всередині країни, можливості професійного розвитку та забезпечення добробуту українських громадян. Держава повинна обрати інноваційно-інвестиційний шлях економічного зростання задля прискорення цього процесу та підвищити фінансування науки з метою покращення середовища навчання та розвитку національної економіки.

Література

1. Бахчеванова Н. В. Міжнародна міграція робочої сили в умовах глобалізації / Н. В. Бахчеванова // Фін.-кредит. діяльн.: пробл. теорії та практики. 2011. Випуск 2. С. 300–308.
2. Міграція в Україні: факти і цифри / Міжнародна організація праці. Міграція для загального блага. Представництво в Україні. Київ. 2016. 32 с.
3. Міграція як чинник розвитку в Україні. Міжнародна організація з міграції (МОМ), Представництво в Україні. Київ. 2016. 116 с.
4. Січко С. М. Міжнародна трудова міграція як форма міжнародних економічних відносин / С. М. Січко // Глобальні та національні проблеми економіки. 2016. № 10. С. 112–116.
5. Шиманська К. В. Основні напрямки та пріоритети державної міграційної політики України в контексті її євроінтеграційних перетворень / К. В. Шиманська // Вісник ЖДТУ. 2016. № 3(77). С. 115–120.
6. Міжнародний сайт PeopleMovin. URL: <http://peoplemov.in>

Бабенко Віталій Олегович*студент**Національного технічного університету України**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***Бабенко Виталий Олегович***студент**Национального технического университета Украины**«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»***Babenko Vitalii***Student of the**National Technical University of Ukraine**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»***Науковий керівник:****Носовець Олена Костянтинівна***кандидат технічних наук,**доцент кафедри біомедичної кібернетики**Національний технічний університет України**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

СИСТЕМА АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ПІСЛЯ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ У РАНЬОМУ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОМУ ПЕРІОДІ

СИСТЕМА АНАЛИЗУ РИСКОВ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

SYSTEM OF RISK ANALYSIS AFTER SURGICAL TREATMENT IN EARLY POSTOPERATIVE PERIOD

Анотація. В статті розглянута розробка комплексного алгоритму вирішення багатокритеріальної задачі оптимізації, з використанням поєднання методу аналізу ієрархій та генетичних алгоритмів, для знаходження оптимального персоналізованого методу хірургічного лікування вроджених вад серця з єдиним шлуночком, щоб запобігти ускладнень у ранньому післяопераційному періоді. Даний алгоритм універсальний і в майбутньому може бути застосований для вирішення інших схожих задач.

Ключові слова: вроджені вади серця з єдиним шлуночком, багатокритеріальна оптимізація, метод групового урахування аргументів, метод аналізу ієрархій, генетичні алгоритми.

Аннотация. В статье рассмотрена разработка комплексного алгоритма решения многокритериальной задачи оптимизации с использованием сочетания метода анализа иерархий и генетических алгоритмов для нахождения оптимального персонализированного метода хирургического лечения врожденных пороков сердца с единственным желудочком, чтобы предотвратить осложнения в раннем послеоперационном периоде. Данный алгоритм универсален и в будущем может быть применен для решения других подобных задач.

Ключевые слова: врожденные пороки сердца с единственным желудочком, многокритериальная оптимизация, метод группового учёта аргументов, метод анализа иерархий, генетические алгоритмы.

Summary. The article describes the development of a complex algorithm for solving a multi-criteria optimization problem using a combination of analytic hierarchy process and genetic algorithms to find the optimal personalized method of surgical treatment of congenital heart defects with a single ventricle to prevent complications in the early postoperative period. This algorithm is universal and in the future can be applied to solve other similar problems.

Key words: congenital heart defects with a single ventricle, multi-objective optimization, group method of data handling, analytic hierarchy process, genetic algorithms.

Постановка проблеми. В лікуванні складних вроджених вад серця важливою задачею є створення алгоритму знаходження оптимальної методики лікування для забезпечення якомога меншої кількості післяопераційних ускладнень та високої якості життя у ранньому післяопераційному періоді. Проблема полягає в необхідності одночасного врахування таких факторів як множинність післяопераційних ускладнень і задача перебору варіантів лікування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах фахівців Томас Л. Сааті [2] і О. І. Ларічев [3] розглядався метод аналізу ієрархій. Генетичним алгоритмам приділяли увагу Девід Е. Голдберг [1], Д. Рутковська, М. Пилинський і Л. Рутковський [5]. Метод групового урахування в своїй роботі описали Є. А. Підшва і А. Б. Іващенко [4].

Мега дослідження: розробити комплексний алгоритм знаходження оптимального методу хірургічного лікування для зменшення післяопераційних ускладнень, з урахуванням факторів множинності ускладнень і задачі перебору варіантів лікування.

Характеристика клінічного матеріалу. Для розробки та тестування алгоритму, використано клінічні дані 128 пацієнтів з вродженими вадами серця. Використані клініко-морфологічні характеристики хворих, дані лабораторних та інструментальних досліджень, характеристики операційного та післяопераційного етапів. Всього проаналізовано 313 змінних, з яких відібрано значимі для поставленої мети дослідження: 44 змінні вхідних даних пацієнта, 39 змінних управління та 22 змінних вихідних даних. Під вхідними даними мається на увазі дані пацієнта, які були взяті під час обстеження перед операційним лікуванням, під змінними управління — операції, які проводились на пацієнтах, під вихідними даними — післяопераційні ускладнення.

Виклад основного матеріалу. Вхідні змінні (вхідні дані і змінні управління) було відібрано за допомогою кореляційного аналізу *IBM SPSS Statistics 22.0*. Проводився аналіз зв'язку між повним масивом змінних та вихідними змінними, для подальшої роботи з ними.

Щоб вирішити проблему множинності, була взята експертна думка у спеціалістів, які із 22 вихідних змінних виділили 9 найприоритетніших («PE>14», «Все аритмії бин», «PLEURITIS EARLY», «PLICAT», «STROKE», «THROMBOSIS», «CHYLE», «AV BLOCK», «SND»). Порівнявши різні методи багатокритеріальної задачі, було обрано метод аналізу ієрархій [2], оскільки його зручно використовувати при великій кількості критеріїв і відомій пріоритетності кожного критерію. Спеціалісти виставили ієрархію всіх ускладнень в порядку складності лікування та тяжкості наслідків для пацієнтів.

Для вирішення проблеми задачі перебору варіантів (всього варіантів $2 \cdot 10^{11}$), після аналізу різних методів оптимізації повного перебору, було обрано генетичний алгоритм [1], оскільки він дозволяє

еволюційним шляхом швидко знайти рішення поставленої задачі. Структура загального алгоритму для даного дослідження представлена на рис. 1.

На першому етапі випадковим чином генерується перша популяція із 32 осіб, яка генерує випадковий набір даних по кожній з 9 змінних управління.

На другому етапі для кожного індивіда покоління розраховується функція згортки за методом аналізу ієрархій. Для цього необхідно провести парне порівняння критеріїв, використовуючи реляційну шкалу чисел Сааті [3, с. 115–129], а також з врахуванням аксіом пов'язаності, гомогенності та синтезу. Результати парного порівняння критеріїв показані в табл. 1.

Після отримання таблиці порівнянь, було розраховано власні вектори для кожного критерію. Обчислення отримані за формулою:

$$w_i = \frac{\sqrt[n]{a_{i1} \dots a_{in}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{a_{i1} \dots a_{in}}}, \quad i = \overline{1, n} \quad (1)$$



Рис. 1. Загальний алгоритм задачі оптимізації

Таблиця 1

Попарне порівняння

	PE>14	Все аритмичний бин	PLEURITIS EARLY	PLICAT	STROKE	THROMBOSIS	CHYLE	AV BLOCK	SND
PE>14	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Все аритмичний бин	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
PLEURITIS EARLY	0,33	0,67	1	1,33	1,67	2	2,33	2,67	3
PLICAT	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25
STROKE	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
THROMBOSIS	0,167	0,33	0,5	0,67	0,83	1	1,167	1,33	1,5
CHYLE	0,143	0,286	0,429	0,571	0,714	0,857	1	1,143	1,286
AV BLOCK	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	0,875	1	1,125
SND	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1

де w_i — це шуканий вектор;

n — кількість рядків матриці;

a — альтернатива.

За формулами (2), (3), (4) і табл. 2 було перевірено правильність заповнення таблиці попарних порівнянь:

Таблиця 2

Власні вектори критеріїв

Середні геометричні	Вектор пріоритетів	Інтенсивність відн. Важлив.	Частка	$\lambda_{\max}$	Індекс уз.	%
4,147	0,353	3,181	9	9	0	0
2,074	0,177	1,591	9			
1,382	0,118	1,06	9			
1,037	0,088	0,795	9			
0,829	0,071	0,636	9			
0,691	0,059	0,53	9			
0,592	0,05	0,454	9			
0,518	0,044	0,398	9			
0,461	0,039	0,353	9			

$$J_p = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

де J_p — шуканий індекс;

$\lambda_{\max}$ обчислюється за формулою (3).

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_i^n A_i * w}{n} \quad (3)$$

де A — матриця порівнянь;

w — вектор коефіцієнтів;

a_i — елементи матриці порівнянь;

n — кількість рядків матриці A .

Потім, розраховується відношення узгодженості за формулою (4).

$$T = \frac{J_p}{P_n} \quad (4)$$

де T — шукане відношення;

P_n — середнє значення індекса узгодженості. Воно різне в залежності від розміру матриці (табл. 3).

Таблиця 3

Таблиця норм індекси для N альтернатив

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_n	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Після отримання векторів пріоритетів, було отримано функцію згортки для отримання оптимальної комбінації критеріїв:

$$\Phi_{\text{згортки}} = -0,353x_{301} - 0,177x_{302} - 0,118x_{303} - 0,088x_{304} - 0,071x_{305} - 0,059x_{306} - 0,05x_{307} - 0,044x_{308} - 0,039x_{309} \quad (5)$$

де (табл. 4):

Таблиця 4

Післяопераційні ускладнення

Назва змінної	Позначення
PE>14	x_{301}
Все аритмичний бин	x_{302}
PLEURITIS EARLY	x_{303}
PLICAT	x_{304}
STROKE	x_{305}
THROMBOSIS	x_{306}
CHYLE	x_{307}
AV BLOCK	x_{308}
SND	x_{309}

Після отримання функції згортки було побудовано математичні моделі класифікації за допомогою програмного інструменту на основі МГҮА *GMDH Shell DS* [4, с. 1–4]. В якості алгоритму був обраний покроковий змішаний МГҮА.

$$x_{301} = -0.833 + \frac{0.003x_{201}}{x_{111}} - 0.001x_{106}x_{208} - 0.002x_{105}x_{109} + \frac{17.086x_{112}}{x_{101}} + \frac{10.415}{x_{103}x_{109}} + 0.001x_{101}x_{202} + \frac{0.359x_{207}}{x_{205}} - \frac{0.008x_{202}}{x_{109}} - \frac{0.053x_{202}}{x_{204}} + \frac{35.55}{x_{101}x_{204}} \quad (6)$$

$$x_{302} = 1.896 + 0.00005x_{103}x_{104} - \frac{0.071x_{105}}{x_{205}} - \frac{0.023x_{106}}{x_{104}} - \frac{41.789}{x_{201}x_{207}} + \frac{0.091x_{108}}{x_{107}} - \frac{121.413}{x_{103}x_{207}} - \frac{0.585x_{111}}{x_{209}} + \frac{0.621x_{109}}{x_{105}} - \frac{2.622}{x_{106}x_{109}} + \frac{0.125x_{107}}{x_{204}} \quad (7)$$

$$x_{303} = -0.01 + \frac{716.757}{x_{201}x_{203}} + 0.005x_{106}x_{109} - \frac{0.994x_{106}}{x_{103}} - 0.0003x_{103}x_{112} - \frac{0.248x_{209}}{x_{110}} - \frac{2.462}{x_{103}x_{109}} - \frac{0.004x_{106}}{x_{107}} + \frac{73.84}{x_{103}x_{107}} + 0.012x_{108}x_{204} \quad (8)$$

$$x_{304} = 1.442 - 0.007x_{102}x_{202} - 0.01x_{105}x_{112} + \frac{0.045x_{202}}{x_{207}} + \frac{0.519x_{206}}{x_{209}} - 0.011x_{104}x_{112} + 0.0002x_{101}x_{108} - 0.0003x_{107}x_{201} - \frac{11.753}{x_{105}x_{202}} + \frac{0.001x_{103}}{x_{111}} - \frac{0.001x_{103}}{x_{206}} \quad (9)$$

$$x_{305} = -1.662 - 0.035x_{104}x_{110} + \frac{3.106x_{112}}{x_{105}} - \frac{21.48x_{208}}{x_{103}} + \frac{0.0005x_{201}}{x_{109}} + 0.009x_{108}x_{202} + \frac{10.139x_{110}}{x_{203}} - \frac{0.159x_{106}}{x_{101}} - \frac{0.094}{x_{109}x_{112}} + 0.007x_{104}x_{203} + \frac{0.558x_{110}}{x_{202}} \quad (10)$$

$$x_{306} = -0.975 + 0.048x_{108}x_{209} + \frac{0.697x_{112}}{x_{105}} + 0.466x_{111}x_{208} - \frac{242.356}{x_{112}x_{201}} + \frac{0.261x_{108}}{x_{112}} + \frac{58.454x_{209}}{x_{201}} + \frac{0.303x_{108}}{x_{208}} - 0.184x_{108}x_{111} + \frac{12.326}{x_{106}x_{112}} - \frac{13.725}{x_{106}x_{111}} \quad (11)$$

$$x_{307} = -4.401 - \frac{3.497}{x_{102}x_{110}} - 0.031x_{112}x_{202} - \frac{43.026x_{204}}{x_{103}} + 0.156x_{111}x_{205} + 0.094x_{110}x_{208} + \frac{0.387x_{203}}{x_{206}} + \frac{12.219x_{206}}{x_{203}} + 0.001x_{101}x_{204} + \frac{6959.83}{x_{101}x_{103}} + 0.018x_{202}x_{208} \quad (12)$$

$$x_{308} = 0.757 - \frac{645.415}{x_{103}x_{205}} + \frac{7.788x_{109}}{x_{101}} - 0.0006x_{103}x_{206} - 0.011x_{109}x_{204} - \frac{0.508x_{101}}{x_{103}} + \frac{21.826x_{203}}{x_{103}} + \frac{19.044}{x_{203}x_{205}} - 0.081x_{109}x_{205} + \frac{1.497x_{109}}{x_{104}} + 0.0009x_{101}x_{208} \quad (13)$$

Таблиця 5

Точності і чутливості класифікаційних моделей

Модель	Точність		Чутливість		Специфічність	
	Навчання	Екзамен	Навчання	Екзамен	Навчання	Екзамен
x_{301}	92,6%	94,8%	0,908	0,933	1	1
x_{302}	94,5%	89,7%	0,962	0,9	0,941	0,896
x_{303}	92,9%	93,1%	1	1	0,922	0,923
x_{304}	94,8%	93,1%	1	1	0,945	0,927
x_{305}	91,4%	86,2%	1	1	0,91	0,857
x_{306}	94,8%	93,1%	1	1	0,946	0,927
x_{307}	93,9%	93,1%	1	1	0,936	0,927
x_{308}	98,5%	93,8%	1	1	0,984	0,982
x_{309}	96,9%	96,6%	1	1	0,968	0,965

$$\begin{aligned}
x_{309} = & 1.282 + 0.019x_{102}x_{206} + 0.027x_{204}x_{207} - \\
& - \frac{0.007x_{101}}{x_{207}} - \frac{60.067}{x_{101}x_{204}} - \frac{0.022x_{106}}{x_{104}} + \\
& + 0.071x_{108}x_{205} - 0.006x_{105}x_{108} - \\
& - 0.024x_{108}x_{204} + \frac{0.124x_{108}}{x_{207}} - \frac{0.248x_{104}}{x_{105}}
\end{aligned} \quad (14)$$

На третьому етапі розраховується оцінка пристосованості осіб в популяції, яка береться як обернене значення від різниці ідеального значення функції згортки і функції згортки особи.

На четвертому етапі перевіряється умова закінчення алгоритму, в даній роботі це досягнення функції згортки однієї з осіб популяції ідеального значення.

Якщо так, то обирається найкраща особа і алгоритм завершується.

В іншому випадку, вибирається селекція осіб для формування нової популяції. Селекція відбувається за допомогою рулеточного відбору [5, с. 124–169]. Він полягає в тому, що особин відбирають за допомогою N -ої кількості «запусків рулетки» (N – кількість популяції). Колесо рулетки складається з секторів для кожної особи популяції, розмір яких пропорційний ймовірності попадання особи в нову популяцію.

Після селекції відбувається схрещування, яке являє собою сполучення двох осіб, в результаті якого формується третя особа. Вона наслідує i -у кількість змінних однієї особи, і j -у кількість змінних другої особи.

Після формування нової популяції, алгоритм повертається до другого етапу, і діє поки не виконається умова.

Можливий випадок, коли після певної кількості ітерацій, цілі не було досягнуто, а всі особи в популяції стають ідентичними. В такому разі замість схрещування використовується оператор мутації, який замінює 31 із 32 осіб на нові випадково згенеровані особи.

Висновки. Після проведеного аналізу літератури, порівняння різних методів багатокритеріальної оптимізації і методів повного перебору, був розроблений комплексний алгоритм знаходження оптимального методу хірургічного лікування для зменшення післяопераційних ускладнень на основі генетичного алгоритму. Було опитано спеціалістів, які із 22 вихідних змінних відібрали 9 найпріоритетніших. Використано метод аналізу ієрархій для побудови функції згортки вихідних змінних. За допомогою *GMDH Shell* було побудовано математичні моделі класифікації вихідних змінних.

Література

1. Goldberg D. E. Genetic algorithms in search, optimization & machine learning / D. E. Goldberg. — Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
2. Saaty T. L. Analytical planning. the organization of systems / T. L. Saaty, K. P. Kearns. — Pergamon Press, 1985. — 212 p.
3. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах / О. И. Ларичев. — Москва: Логос, 2002. — 393 p.
4. Пидошва Е. А. Основные принципы метода группового учета аргументов и его перспективы / Е. А. Пидошва, А. Б. Иващенко // Р. 4.
5. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский. — Москва: Горячая линия — Телеком, 2013. — 385 p.

References

1. Goldberg D. E. Genetic algorithms in search, optimization & machine learning / D. E. Goldberg. — Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
2. Saaty T. L. Analytical planning. the organization of systems / T. L. Saaty, K. P. Kearns. — Pergamon Press, 1985. — 212 p.
3. Larichev O. I. Teoriya i metodi priniatiya resheniy, a takje hronika sobitij v volshebnyh stranah / O. I. Larichev. — Москва: Логос, 2002. — 393 p.
4. Pidoshva E. A. Osnovnie principii metoda grupovogo ucheta argumentov i ego perspektivi / E. A. Pidoshva, A. B. Ivaschenko // P. 4.
5. Rutkovskaya D. Neyronnie seti, geneticheskie algoritmi i nechetkie sistemi / D. Rutkovskaya, M. Pilinskiy, L. Rutkovskiy. — Москва: Горячая линия — Телеком, 2013. — 385 p.

УДК 629.7.016:358.4

Вовк Олексій Вікторович

*кандидат військових наук, начальник льотного факультету
Харківський національний університет Повітряних Сил імені І.М. Кожедуба*

Вовк Алексей Викторович

*кандидат военных наук, начальник летного факультета
Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени И.Н. Кожедуба*

Vovk Alexey

*Candidate of Military Sciences
Chief of the Flight Faculty
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Компанієць Олег Миколайович

*кандидат технічних наук,
начальник науково-дослідної лабораторії льотного факультету
Харківський національний університет Повітряних Сил імені І.М. Кожедуба*

Компаниец Олег Николаевич

*кандидат технических наук,
начальник научно-исследовательской лаборатории летного факультета
Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени И.Н. Кожедуба*

Kompaniets Oleg

*Candidate of Technical Sciences,
Chief of Research Laboratory
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Шмаков Віталій Валерійович

*кандидат технічних наук, доцент,
начальник кафедри льотної експлуатації і бойового застосування вертольотів
Харківський національний університет Повітряних Сил імені І.М. Кожедуба*

Шмаков Виталий Валериевич

*кандидат технических наук, доцент,
начальник кафедры летной эксплуатации и боевого применения вертолетов
Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени И.Н. Кожедуба*

Shmakov Vitaly

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Chief of the Department of Flight Operations and Combat use Helicopter
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Гриценко Павло Миколайович

*заступник начальника льотного факультету з навчальної та наукової роботи
начальник навчальної частини факультету
Харківський національний університет Повітряних Сил імені І.М. Кожедуба*

Гриценко Павел Николаевич

*заместитель начальника летного факультета по учебной и научной работе
начальник учебной части факультета
Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени И.Н. Кожедуба*

Gritsenko Pavlo

*Deputy Chief of the Flight Faculty for Academic and Scientific Work
Head of the Faculty Department
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Литвинчук Дмитро Валерійович

*науковий співробітник науково-дослідної лабораторії льотного факультету
Харківський національний університет Повітряних Сил імені І.Н. Кожедуба*

Литвинчук Дмитрий Валерьевич

*научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории летного факультета
Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени И.Н. Кожедуба*

Litvinchuk Dmitry

Researcher of the Research Laboratory of the Flight Faculty

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБРИСУ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗРАЗКІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ НА ДОПРОЕКТНИХ ЕТАПАХ

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ ЭТАПАХ

SYSTEM APPROACH TO FORMING TECHNICAL APPEARANCE OF PERSPECTIVE AVIATION SAMPLES AT PREDESIGN STAGES

Анотація. Розроблено концептуальний підхід з формування технічного обрисів перспективних зразків авіаційної техніки. В статті наведено місце та роль методики оцінювання узагальненого показника якості зразків авіаційної техніки на допроектних етапах формування технічного обрисів перспективних зразків авіаційної техніки та визначено подальші напрямки вдосконалення.

Ключові слова: технічний обрис, узагальнений показник якості, системний аналіз, системний підхід, авіаційна техніка, авіаційний комплекс, літальний апарат.

Аннотация. Разработано концептуальный подход к формированию технического облика перспективных образцов авиационной техники. В статье приведены место и роль методики оценки обобщенного показателя качества образцов авиационной техники на предпроектных этапах формирования технического облика перспективных образцов авиационной техники и определены дальнейшие направления совершенствования.

Ключевые слова: технический облик, обобщенный показатель качества, системный анализ, системный подход, авиационная техника, авиационный комплекс, летательный аппарат.

Summary. The article is devoted to the conceptual approach for forming the technical delineation of perspective models of aviation engineering. The article describes the place and role of the methodology for evaluating the generalized quality indicator of aviation engineering samples at the preproject stages of the formation of the technical outline of perspective aviation engineering samples and identifies further directions for improvement.

Key words: technical delineation, generalized quality index, system analysis, system approach, aviation technology, aviation complex, aircraft.

Постановка задачі. На даний час моральне старіння, фізичний знос і вичерпання термінів служби існуючого парку авіаційної техніки визначають існування гострої прикладної проблеми його оновлення. Аналіз стану парку авіаційної техніки державної авіації показує тенденцію до зменшення кількості літальних апаратів за різними ступенями оцінки [1–

2]. Для підтримки належного рівня застосування за призначенням потрібне постійне переоснащення авіаційної техніки, розробка та створення, модернізація або закупівля нових зразків літальних апаратів. Все це вимагає організації чіткого та ефективного пошуку рішень щодо обґрунтованого вибору перспективних зразків авіаційної техніки для державної авіації

України, який в свою чергу повинен ґрунтуватися на останніх досягненнях науки і техніки.

Аналіз останніх матеріалів. Планування розвитку авіаційної техніки охоплюють етапи досліджень, розробок, виробництва, закупок, поставок авіаційної техніки, капітального будівництва об'єктів для забезпечення розгортання і експлуатації зразків, яке має за мету уточнити на запланований період задачі, установити ступінь відповідності цим задачам існуючого складу авіаційної техніки, оптимізувати розподіл ресурсів по задачам і напрямкам витрачання, визначити склад і доцільність розміщення. В залежності від варіанту реалізації процесів створення, існування та використання за призначенням технічного виробу і з врахуванням особливостей самого виробу, деякі стадії та етапи життєвого циклу можуть бути не чітко вираженими або зовсім відсутніми [4–5]. Визначальним етапом в ході розробки нових зразків авіаційної техніки є формування їх технічного обриса на допроектних етапах [6]. А тому, задача попередньої оцінки властивостей перспективного зразка авіаційної техніки обумовлена необхідністю урахування значущих особливостей процесу функціонування літальних апаратів в складі авіаційних угруповань, яке базується на застосуванні елементів системного аналізу.

Метою статті є розробка основних напрямків розвитку та визначення обґрунтованого, з точки зору потреб і техніко-економічних можливостей, технічного обриса перспективного зразка авіаційної техніки, створення якого забезпечило би вирішення задач, що стоять перед державною авіацією у визначеній відповідності.

Основний матеріал. Виробництво є достатньо тривалим процесом, а тому результат проектування зразків авіаційної техніки багато в чому залежить від результатів попередньої оцінки ефективності застосування авіаційних комплексів на початкових етапах життєвого циклу. За своєю структурою життєвий цикл включає стадії, що характеризуються конкретним станом виробу даного типу, сукупністю видів передбачених робіт та їх кінцевим результатом, які розподілені на етапи. Структура життєвого циклу формується за послідовно-паралельним принципом реалізації стадій та етапів, при якому наступні стадії та етапи можуть починатися до повного завершення попередніх [3].

Необхідний рівень і запас перспективності нових зразків авіаційної техніки закладаються при плануванні розвитку, пошуку шляхів і обґрунтування їх розробки, коли пророблюються, аналізуються і оцінюються альтернативні і обираються раціональні варіанти побудови зразків. Для обґрунтованості рішень, що приймаються при виборі варіанту побудови зразка авіаційної техніки, режимів функціонування і способів його застосування необхідно проводити дослідження системного характеру в ході формування технічного обриса перспективних зразків, що передбачає застосування відповідного науково-методичного апарату, який повинен бути в змозі ураховувати складні системні зв'язки теоретичних, технічних і економічних аспектів створення, експлуатації та використання за призначенням нової техніки [5].

Алгоритм проведення заходів щодо попередньої оцінки ефективності авіаційних комплексів схематично можна представити на рис. 1.



Рис. 1. Попередня оцінка ефективності авіаційних комплексів

У відповідності до практично реалізованих на цей час елементів системних досліджень з оцінки ефективності застосування авіаційних комплексів можна виділити основні концептуальні шляхи рішення даної задачі. На основі аналізу існуючих потреб у вирішенні завдань, досвіду, науково-технічних досягнень та можливостей промисловості визначаються основні вимоги до зразків оцінки ефективності авіаційних комплексів. Ці вимоги визначаються неформалізованим шляхом з використанням евристичних або експертних процедур, що базуються на поширеному використанні досвіду функціонування авіаційної техніки [9]. Формується перелік розрахункових завдань з урахуванням технічних можливостей щодо їх виконання, які дозволяють визначити сукупність характеристик зразка: силової установки, бортового комплексу, обладнання та системи управління, обраних згідно узгоджених критеріїв (функціональності, об'ємно-масових характеристик та показників ефективності даних підсистем, які використані в якості початкових даних для оцінювання потенціалу зразка авіаційної техніки). Оцінювання потенціалу комплексу авіаційної техніки, що являє собою надсистему складної ієрархічної структури, до якого входять відповідні літальні апарати, здійснюється з використанням моделей функціонування авіаційного комплексу та методик економічного аналізу та відповідно проводиться оцінка окремих завдань на всій сукупності розрахункових задач.

Етапи з формування технічного обрисів перспективних літальних апаратів представлено на рис. 2.

Врахування невизначеностей, як в умовах застосування так і на рівнях характеристик підсистем

авіаційних комплексів на різних етапах та рівнях досліджень проводиться шляхом параметрування різних змінних з наступною побудовою областей переваги різних альтернативних варіантів сукупностей характеристик підсистем та зразка авіаційної техніки в цілому. В аналізі результатів системних досліджень такого роду на різних їх рівнях проведення та при коригуванні початкових даних залучаються фахівці технічного та економічного профілів, а методичний апарат, що при цьому використовується, розроблюється або узгоджується з провідними науковими та науково-виробничими установами потенційного виконавця майбутнього замовлення.

Впровадження методів системного аналізу в практику планування та науково-технічного супроводження розвитку складних технічних систем, до яких відносяться зразки авіаційної техніки, обумовило розвиненість методичних підходів щодо оцінювання властивостей нової техніки.

Основними напрямками розвитку науково-методичного апарату системних досліджень з обґрунтування технічних обрисів перспективних та модернізації існуючих зразків авіаційної техніки вважаються [8]:

- постійне поглиблення системного підходу, що проявляється у здійсненні декомпозиції всієї системи на підсистеми та елементи з урахуванням системних зав'язків;
- поглиблення методичної взаємодії між фахівцями різних галузей, що беруть участь в проведенні досліджень;
- поглиблення аналізу та використання результатів накопиченого досвіду застосування авіаційної техніки у реальних умовах.

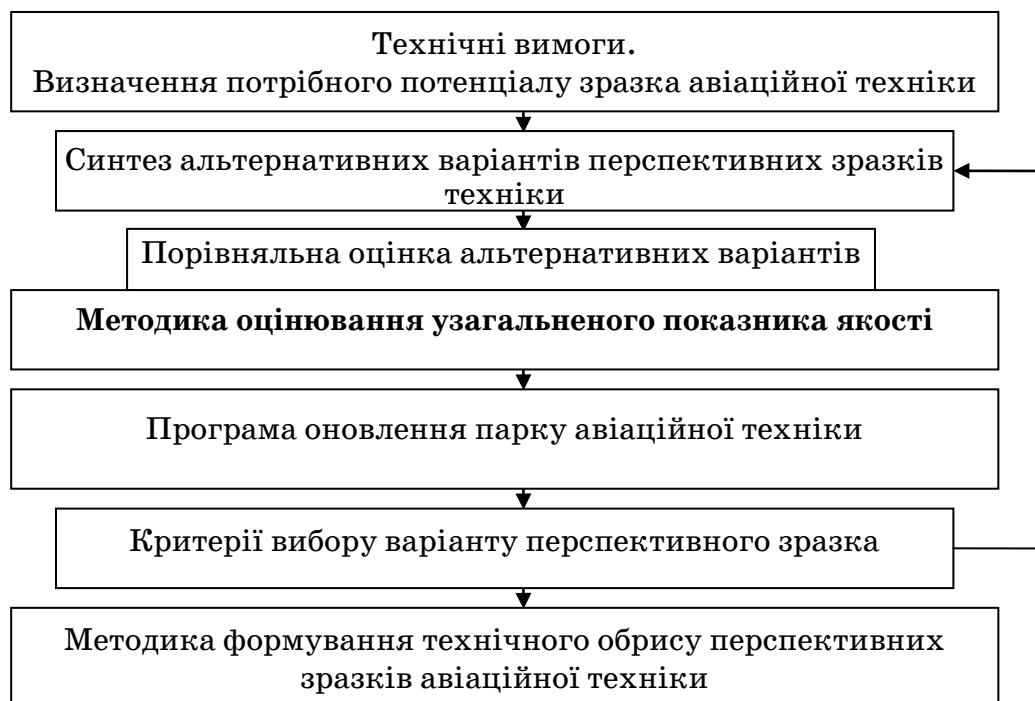


Рис. 2. Формування технічного обрисів перспективних зразків авіаційної техніки

Для оцінки потенціалу зразків авіаційної техніки можуть застосовуватися методика оцінювання узагальненого показника якості зразка авіаційної техніки [7].

Процес формування технічного обрису перспективних зразків авіаційної техніки, являє собою складний багаторівневий процес, а тому результат застосування відповідного науково-методичного апарату суттєво залежить від адекватності методичного підходу щодо оцінювання узагальненого показника якості зразків авіаційної техніки. Розробка нової та удосконалення існуючої методики оцінювання потенціалу перспективних зразків авіаційної техніки в ході формування технічного обриса на етапах порівняльної оцінки їх альтернативних варіантів є однією з актуальних наукових задач [7].

Зв'язок узагальнених показників якості зразків авіаційної техніки при виконанні завдання за призначенням з визначаючими технічними характеристиками літального апарату встановлюється шляхом планування чисельного експерименту за допомогою імітаційних математичних моделей, або відомих методів теорії ефективності авіаційних комплексів на основі параметризування з варіаціями значень основних технічних характеристик при різних сценаріях майбутнього застосування

літального апарату і наступною обробкою отриманих статистичних даних методами регресивного аналізу або групового урахування аргументу. Можливо також проведення досліджень по вибору найкращого варіанту перспективного зразка авіаційної техніки лише тільки з оцінкою якості літального апарату за допомогою вже побудованих математичних моделей функціонування авіаційного комплексу в ході виконання ним завдань різного рівня та всієї сукупності розрахункових завдань з визначенням раціонального типажу.

Висновок. Таким чином, незважаючи на достатню розвиненість методології системних досліджень щодо оцінювання потенціалу зразків авіаційної техніки, в ході формування технічного обриса перспективних літальних апаратів, об'єктивний процес накопичення знань та зменшення невизначеності в дослідженнях об'єкту обумовлюють потребу у подальшому поглибленні системності такого роду досліджень. Зазначене обумовлює формування технічного обриса перспективних зразків авіаційної техніки з урахуванням методики оцінювання узагальненого показника якості, що обумовлює подальше вдосконалення методичного підходу за рахунок використання більш об'єктивної форми залежності критерію оцінки від визначаючих показників підсистем.

Література

1. Леонтьев О. Б. Методика оцінки бойового потенціалу ударних авіаційних комплексів при вирішенні ним вогневих задач / О. Б. Леонтьев, О. М. Компанієць, В. В. Шмаков // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2008. № 2(17). С. 20–23.
2. Леонтьев О. Б. Обґрунтування шляхів удосконалення методики оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням / О. Б. Леонтьев, В. І. Нікітченко, А. Г. Дмитрієв, О. М. Компанієць // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. 2010. 6 (13). С. 79–86.
3. Демидов Б. А. Методический подход к формированию облика перспективных боевых авиационных комплексов / БА Демидов, ОА Хмелевская // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2010. № 2. С. 58–64.
4. Демидов Б. А. Системная методология планирования развития, предпроектных исследований и внешнего проектирования вооружения и военной техники / Монография. К.: ИД «Стилос», 2011. 464 с.
5. Демидов Б. А. Системно-концептуальные основы деятельности в военно-технической области Кн. 2 Организационно-методические основы деятельности в военно-технической области / Демидов Б. А., Величко А. Ф., Волощук И. В. — К.: Научно учебное издание, 2006. 1152 с.
6. Леонтьев О. Б. Результати прогнозування визначаючих характеристик перспективних транспортних вертольотів / О. Б. Леонтьев, В. І. Мисягин, М. М. Момот, О. М. Компанієць // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. 2008. Вип. 1 (52). С. 29–35.
7. Компанієць О. М. Методика оцінювання коефіцієнту бойового потенціалу літаків тактичної авіації / О. М. Компанієць // Системи управління, навігації та зв'язок. 2009. Вип. 3 (11). С. 173–177.
8. Коломеец Ф. Г. Системный анализ: методологический и содержательный аспекты / Ф. Г. Коломеец // Военная мысль. № 1. 2005. С. 63–70.
9. Богданович В. Ю. Военная безопасность Украины: методология исследования та шляхи забезпечення. К.: Дельта, 2002. 322 с.

УДК 504.06, 621.311, 628.31

Долінський Анатолій Андрійович

*доктор технічних наук, академік НАН України,
завідуючий відділом тепломасообміну в дисперсних системах
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Долинский Анатолий Андреевич

*доктор технических наук, академик НАН Украины,
заведующий отделом тепломассообмена в дисперсных системах
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Dolinskyi Anatolii

*Doctor of Technical Sciences,
Head of the Department of Heat and Mass Transfer in Disperse Systems
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Коник Аліна Василівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник відділу тепломасообміну в дисперсних системах
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Коньк Алина Васильевна

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник отдела тепломассообмена в дисперсных системах
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Konyk Alina

*Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher at the
Department of Heat and Mass Transfer in Disperse Systems
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Радченко Наталія Леонідівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
старший науковий співробітник відділу тепломасообміну в дисперсних системах
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Радченко Наталия Леонидовна

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
старший научный сотрудник отдела тепломассообмена в дисперсных системах
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Radchenko Nataliya

*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher at the
Department of Heat and Mass Transfer in Disperse Systems
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Целень Богдан Ярославович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
старший науковий співробітник відділу тепломасообміну в дисперсних системах
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Целень Богдан Ярославович

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
старший научный сотрудник отдела тепломассообмена в дисперсных системах
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Tselen Bogdan

*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher at the
Department of Heat and Mass Transfer in Disperse Systems
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

**СУЧАСНИЙ СТАН ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИМИ УСТАНОВКАМИ І ШЛЯХИ
ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ**

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ И ПУТИ
СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ**

**THE CURRENT STATE OF AIR POLLUTION
BY HEAT AND POWER PLANTS AND WAYS
TO REDUCE HARMFUL EMISSIONS**

Анотація. Досліджена проблема забруднення атмосфери димовими газами від теплоенергетичних установок в Україні, розглянуто очисне обладнання, що експлуатується в даній галузі, його переваги і недоліки. Проаналізовані сучасні тенденції розвитку очисного обладнання та технологій, можливість їх впровадження в Україні, а також перспективу застосування обладнання, розробленого в ІТТФ НАН України.

Ключові слова: димові гази, пиловловлювачі, електрофільтри, оксиди сірки, оксиди азоту, зола.

Аннотация. Исследована проблема загрязнения атмосферы дымовыми газами от теплоэнергетических установок в Украине, рассмотрено оборудование, эксплуатируемое в данной отрасли, его достоинства и недостатки. Проанализированы современные тенденции развития оборудования для очистки и технологий, возможность их внедрения в Украину, а также перспективу использования оборудования, разработанного в ИТТФ НАН Украины.

Ключевые слова: дымовые газы, пылеуловители, электрофильтры, оксиды серы, оксиды азота, зола.

Summary. The problem of air pollution by flue gases from heat and power plants in Ukraine is investigated, the equipment used in this industry, its advantages and disadvantages are considered. Analyzed modern tendencies of development of the equipment for clearing and technology, the possibility of their implementation in Ukraine, as well as the prospect of the use of equipment developed in IET NAS of Ukraine.

Key words: flue gases, dust collectors, electrostatic precipitators, sulfur oxides, nitrogen oxides, ash.

Природоохоронним законодавством України передбачено, що гранична допустима концентрація твердих частинок в димових газах при потраплянні в атмосферу після очистки не повинна перевищувати 50 мг/м^3 димових газів. Проте, вітчизняне очисне обладнання, що працює в газовідвідних трактах більшості котельних України такий ступінь очистки забезпечити неспроможне. Фактичні значення становлять $800 \div 2500 \text{ мг/м}^3$. Варто відзначити, що Україна як член Енергетичного Співтовариства повинна виконати вимоги Директиви Європарламенту і Ради ЄС 2001/80/ЄС «Про обмеження викидів деяких забруднюючих речовин в атмосферу від великих установок спалювання» та директиви 2010/75 ЄС «Про промислові викиди». У зв'язку з цим, постає проблема пошуку шляхів скорочення обсягів викидів шкідливих речовин і в стислі терміни досягнення європейських норм за рахунок переоснащення та модернізації з використанням вискоєфективних систем очистки димових газів. Виконання цих завдань є однією з умов ЄС. На сьогоднішній день існує Національний план скоро-

чення викидів для великих установок спалювання в частині «Енергетика», проте, шлях реалізації цього плану є складним та вже створив низку труднощів. Лише в 2018 році відповідно до вимог директиви вони мають скоротитись до 56 тис. т. [1].

Вирішенням даної проблеми займається ряд профільних інститутів та багато спеціалістів, зокрема, закордонні та вітчизняні вчені, такі як В. Леонтєв, М. Кастельз, Б. Баді, О. Тоффлер, Д. Медоуз, Дж. Форестер, М. Максимова, І. Фролов тощо [2].

Компонентний склад димових газів залежить від виду палива та способу його спалювання тому показники можуть суттєво варіюватись і містити наступні складові: діоксид і триоксид сірки, монооксид і діоксид азоту, оксид вуглецю, різноманітні фтористі сполуки, метан, етилен бензопірен і тверду фракцію (зола, сажа) усереднені показники яких, залежно від виду палива, наведено в таблиці 1 [3].

Найбільшу зольність мають горючі сланці, буре вугілля та деякі сорти кам'яного вугілля. Рідке паливо має невелику зольність, а природний газ — беззольний. Особливо канцерогенними вважаються

Таблиця 1

Склад димових газів в залежності від виду палива, г/(кВт · год)

Складові димових газів	Вид палива			
	Кам'яне вугілля	Буре вугілля	Мазут	Природний газ
Діоксид сірки	6	7,7	7,4	0,002
Оксиди азоту	21	3,45	2,45	1,9
Фтористі сполуки	0,05	0,11	0,004	-
Тверді частинки	1,4	2,7	0,7	-

поліциклічні ароматичні вуглеводні, зокрема, бензопірен. [3, 4]. Окрім цього, у випадку неповного згоряння палива утворюється також певна кількість дуже отруйного монооксиду вуглецю, а при високих температурах в ядрі факела через часткове окислення азоту — оксидів азоту.

Основними параметрами контролю з метою обмеження викидів шкідливих речовин в атмосферу є моніторинг вмісту в димових газах оксидів сірки, оксидів азоту, оксиду вуглецю і золи [5].

Оксиди сірки утворюються при спалюванні ископного палива, зокрема вугілля і в цьому випадку є основною складовою димових газів (приблизно 72%), що наведено на рис. 1.

На сьогоднішній день на вітчизняних котельнях, враховуючи ТЕС, обладнання для вловлювання оксидів сірки фактично відсутнє [6]. В світовій практиці зниження викидів даної групи відбувається за рахунок заміщення сірковмісного палива (мазуту) на інші види, шляхом зниження вмісту сірки в самому паливі чи використанні в якості реагентів гідроксиду кальцію або карбонату кальцію з одержанням кінцевого продукту у вигляді сульфатно-сульфітної суміші або гіпсу. Загально прийнятою в світі є наступна класифікація методів очистки від оксидів сірки: абсорбція, адсорбція та хемосорбція. Дані способи, залежно від виду кінцевого продукту, можна розділити на сухі, вологі та волого-сухі.



Рис. 1. Усереднений хімічний склад димових газів на виході котла [7]

В основу волого-сухої (напівсухої) очистки покладено процес поглинання (абсорбції) діоксиду сірки з димових газів шляхом введення дрібних краплин розчину гідроксиду кальцію. Кількість введенного розчину регулюється таким чином, щоб очищений газ не насичувався, а теплоти димових газів було достатньо для випаровування всієї вологи, що знаходиться в лужному сорбенті. Діоксид сірки реагує з гідроксидом кальцію утворюючи нерозчинний у воді сульфід кальцію. На сьогоднішній день в межах даного напрямку широко відомою є очистка за методом «Драйпак» шведської фірми «Флект», за методом розпилювальної абсорбції — фірм Ніро-Атомайзер, Лурги, Штайнмюллер.

Серед сухих методів найбільш відомий і широко впроваджений метод хемосорбції коли тонко розмелений вапняк вводиться в камеру згоряння котла де випадає з утворенням оксиду кальцію і діоксиду вуглецю, а далі — при температурі газів 500-900 °C відбувається утворення сульфату кальцію і наступна його взаємодія з киснем — з утворенням сульфату кальцію. Одержана з котла суміш сульфату і сульфату кальцію разом з золою та оксидом кальцію, що не прореагував, вловлюється в пиловловлювачах. Наведена технологія вимагає мінімальних капітальних та експлуатаційних витрат у порівнянні з іншими методами хемосорбції таких фірм як «Bergbau Frschung», «НОКСО», чи «УОП-Шель», а також каталітичним окисленням діоксиду сірки в триоксид сірки з одержанням сірчаної кислоти («WSA», Данія), адсорбцією з використанням активованого вугілля чи коксу, радіолізом («Штейнмюллер», Німеччина, Росії, Інститут ядерної фізики СО РАН, Росія).

Метод вологої очистки передбачає застосування промиваючих розчинів з лужними властивостями. Зокрема, до них відноситься очистка за допомогою лужних сполук — гідроксиду натрію, карбонату натрію, сульфату натрію; лужно-земельних сполук — гідроксиду кальцію, карбонату кальцію, гідроксиду магнію; сполук амонію — гідроксиду амонію і сульфату амонію, а також подвійна лужна очистка, при якій лужний абсорбент регенерується за допомогою лужно-земельної сполуки з виділенням кінцевого продукту, який в подальшому можна використувати. Останній метод знайшов найбільш широке розповсюдження в США та Японії [8].

Друга складова — оксиди азоту, які утворюються за рахунок високотемпературних процесів у факелі та при окисленні азотовмісних сполук в самому паливі. На виході з труби оксиди азоту на 85÷90% складаються з монооксиду азоту (NO) і на 10÷15% з діоксиду азоту (NO_2). В момент потрапляння в атмосферу відбувається швидке окислення NO в NO_2 . Для часткового запобігання потрапляння в атмосферу NO в світовій практиці використовуються різноманітні методи серед яких найчастіше застосовують двостадійне і тристадійне спалювання палива, подачу води та водяної пари в зону горіння, зниження температури підігріву газу, зменшення надлишку повітря в камері згорання, рециркуляцію димових газів тощо. Також зниження концентрацій NO можна досягти шляхом використання спеціальних хімічних методів очистки, зокрема, селективного каталітичного та некаталітичного відновлення оксидів азоту, що ґрунтується на вибірковій взаємодії оксидів азоту з відновниками (аміаком чи карбамідом) в газовій фазі при температурі 900÷1200 °С. Ефективність методу становить 80÷90%, але його недоліком є небезпека використання аміаку, а у випадку застосування карбаміду — великі витрати води та утворення відповідних стічних вод, які необхідно додатково нейтралізувати. Скорочення викидів досягається також шляхом пропускання через шар силікагелю, алюмогелю, активованого вугілля, коксу з відновленням аміаком, застосуванням фізико-хімічних методів з використанням комплексів солей, кислот, озону, коронарного розряду. Загальним недоліком існуючих фізико-хімічних методів є високі витрати електроенергії і вартість [9].

Третя складова викидів — зола, склад якої, як правило, залежить від виду спалюваного палива і може містити оксиди кремнію (45÷60%), алюмінію (15÷25%), заліза (5÷%), кальцію (1,5÷4,5%), калію (2,0÷4,5%) та ін. кількість яких не перевищує 1% (сполук натрію, магнію, титану, мікродомішки спо-

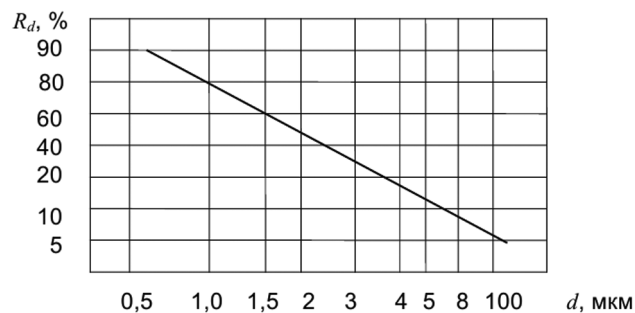


Рис. 2. Дисперсний склад твердих частинок димових газів [5]

лук ванадію, ртуті, свинцю, миш'яку, радіоактивні і канцерогенні речовини). Дисперсний склад, згідно літературних даних, коливається від 0,5 до 100 мкм. (рис. 2), а форма переважно сферична [5].

Принцип роботи обладнання для вловлювання пилу базується на застосуванні різноманітних механізмів осадження частинок: гравітаційне осадження, осадження під дією відцентрових сил, дифузійне очищення, електричне та інші. За способом вловлювання частинок розрізняють метод мокрого вловлювання, сухого вловлювання і електричний, вибір яких, в основному, залежить від дисперсного і фізико-хімічного складу димових газів, а також від необхідного ступеня очищення, швидкості надходження газового потоку і його теплофізичних властивостей.

На ринку очисного обладнання найбільш часто можна зустріти електрофільтри, які встановлюються за межами приміщень та комбінацію електрофільтрів і рукавних фільтрів. На рис. 3 зображено загальну схему очищення димових газів від золи.

На сьогоднішній день загальноприйнятою є наступна класифікація пиловловлювачів за принципом дії [11]:

1. Мокрі пиловловлювачі — найбільш доступне та розповсюджене обладнання принцип дії якого

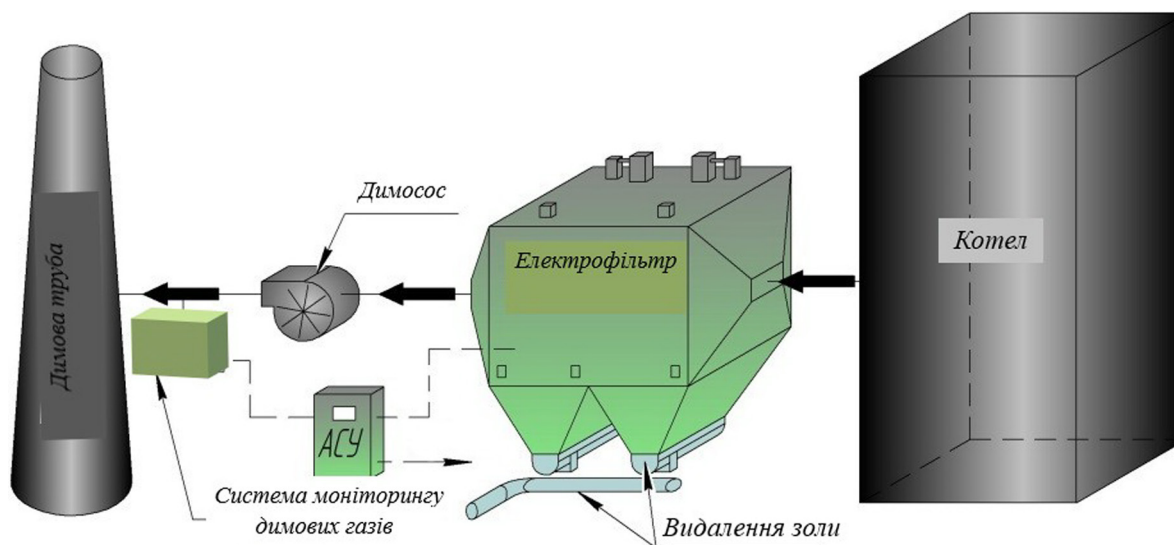


Рис. 3. Загальна схема очищення димових газів від золи [10]

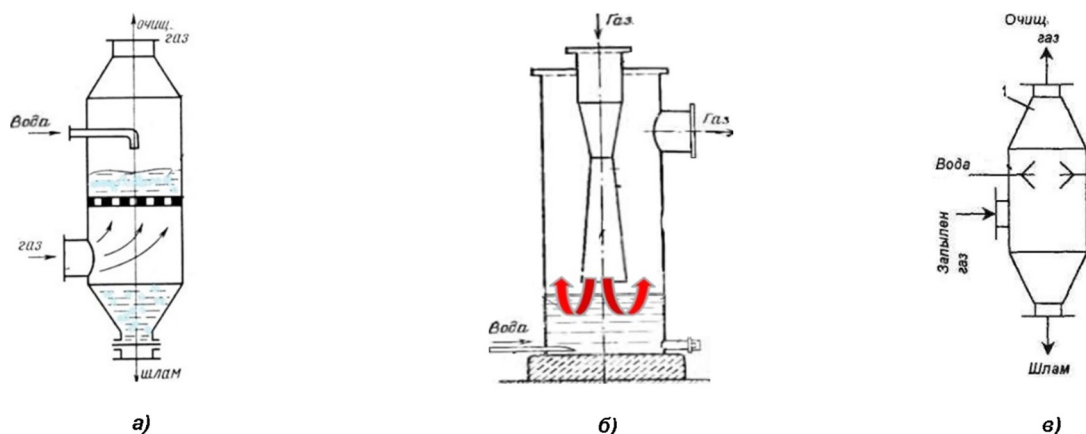
ґрунтується на осадженні частинок пилу (або молекул газу) на поверхню краплин чи плівки рідини за рахунок сил гравітації, інерції, броунівського руху. Реалізується процес шляхом переносу твердої фази з газового середовища в рідке з наступним його видаленням з апарата. Для здійснення захоплення частинок пилу краплинами рідини потік промивають розпиленою рідиною, що дозволяє захопити частинки пилу та вивести їх з газового потоку. Процес осадження пилу відбувається, головним чином, внаслідок кінематичної коагуляції. У випадку виключно гравітаційної коагуляції осадження частинок менше 1 мкм практично не відбувається. Основним завданням ефективності застосування мокрого пиловловлювання є досягнення максимального ступеня змочування твердих частинок, однак, при цьому вловлювання дрібних частинок пилу в мокрих пиловловлювачах недостатньо ефективне внаслідок утворення на їх поверхні газової плівки, що перешкоджає змочуванню. Для усунення зазначеного недоліку створюють умови для руйнування газової плівки шляхом турбулізації газового потоку або додаванням поверхнево-активних речовин. Обладнання даного типу використовується для відділення твердих частинок з розмірами від $0,3 \div 1,0$ мкм і має суттєву перевагу, оскільки, в процесі очистки відбувається одночасне охолодження газу. Залежно від виду контакту між твердою та рідкою фазами розрізняють очистку плівкову, в об'ємі і краплинну (розпилювання рідини в об'ємі газу). За конструктивними особливостями їх класифікують на надшвидкісні скрубери (скрубери Вентурі), відцентрові, тарілчасті (барботажні, рис. 4а), насадкові, скрубери з рухомою насадкою, скрубери ударно-інерційного типу (рис. 4б), механічні та динамічні, ежекторні порожнинні (зрошувальні пристрої, порожнисті та форсунокового типу скрубери) (рис. 4в), за енерговитратами розподіляють на низького напору, середнього напору та високого напору. Своїє широке застосування в очисних системах ТЕС мокрі пилов-

ловлювачі знайшли завдяки простоті обладнання, високому ступеню очищення ($97 \div 98\%$), нечутливості до фракційного складу. Недоліком обладнання даного типу є підвищене зношування футеровки, неможливість очищення викидів, що містять леткі та схильні до злипання частинки, підвищений гідравлічний опір, великі витрати води, розчинення оксидів у воді та неможливість застосування у випадку, коли вміст оксиду кальцію в золі перевищує 20% через небезпеку утворення карбонатних відкладів. Використовують мокрі золовловлювачі при температурі димових газів $130 \div 200$ °С.

2. Сухі інерційні пиловловлювачі (механічні) використовують гравітаційні, інерційні та відцентрові сили. За конструктивними ознаками їх класифікують наступним чином: пилоосаджуючі, жалюзійні, ротаційні, циклонного типу (протиточні осьові, прямоточні осьові, вихрові, групи циклонів, батарейні циклони) і комбіновані. Апарати даного типу прийнято вважати найбільш надійними та простими в експлуатації, однак, внаслідок невисокої ефективності вловлювання в діапазоні дрібнодисперсних частинок (до 5 мкм), необхідності забезпечення герметичності конструкції і непридатності до роботи з леткими твердими частинками вони не є універсальними. За конструктивними особливостями розрізняють наступні види механічних пиловловлювачів:

1) пилоосаджуючі (гравітаційні) використовуються для попередньої очистки від грубодисперсних частинок. Принцип дії ґрунтується на проходженні газу вздовж камери зі швидкістю до $1 \div 2$ м/с, якої достатньо для осадження твердих частинок (рис. 5а). Переваги — простота виготовлення, невисокий гідравлічний опір, надійність, здатність функціонувати при підвищених температурах і високій запиленості. Недоліки — невисока ефективність очистки ($30 \div 60\%$), висока матеріалоемність і великі габарити.

2) жалюзійні пиловловлювачі на практиці найчастіше використовують в комбінації з відцентровим



а — скрубер тарілчастого типу; б — скрубер ударно-інерційного типу; в — порожнистий скрубер
Рис. 4. Типи конструкцій мокрих пиловловлювачів [5]

циклоном у зв'язку з невисокою ефективністю при вловлюванні частинок розміром до 20 мкм проте достатньою (95÷97%) при вловлюванні частинок в діапазоні 40÷50 мкм. Принцип дії ґрунтується на проходженні газу через жалюзійні решітки з пластин, конусів або кілець, що розташовані під кутом до напрямку газового потоку (рис. 5б) оминаючи які газ різко змінює напрям руху і звільняється від пилу. Переваги — простота конструкції і виготовлення, низька вартість, невисокий гідравлічний опір. Недолік — низька ефективність вловлювання частинок (до 20 мкм).

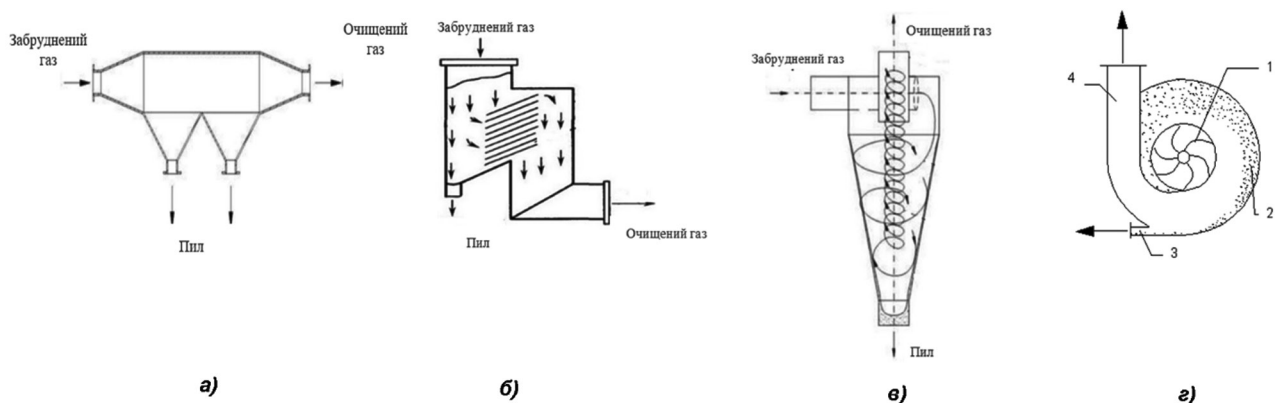
3) **циклонні апарати**, як правило, використовують на першому ступені очистки димових газів від твердих частинок розміром понад 10 мкм. Принцип дії ґрунтується на вилученні частинок пилу з газового потоку за рахунок відцентрових сил під дією яких тверді частинки відкидаються на стінки корпусу і виводяться через випускний отвір в конічній частині, а очищений газ, утворюючи внутрішній потік зі швидкістю 20÷30 м/с, піднімається вверх і виводиться назовні через концентрично розташовану в корпусі трубу (рис. 5в). Серед найбільш розповсюджених для очистки димових газів в котельнях є циліндричні апарати моделей ЦН-11, ЦН-15, рідше — ЦН-15У та ЦН-24. Також часто використовують апарати конічної форми. Ефективність роботи циклона пропорційна діаметру апарата — зі зменшенням діаметра підвищується ступінь закручування потоку. У зв'язку з цим в промисловості найчастіше використовують батарейні циклони (мультициклони) з допомогою яких можна досягнути ступеня очистки до 98%. Переваги — високий ступінь очищення, простота розробки і виготовлення, відносно низький гідравлічний опір, висока продуктивність. Недоліки — неможливість вилучення з газового потоку пилу з малими розмірами частинок, мала довговічність.

4) **ротаційні пиловловлювачі** (рис. 5г). дозволяють вилучати з газового потоку тверді частинки з розміром від 5 мкм. Принцип дії ґрунтується на використанні відцентрової сили. Переваги — ком-

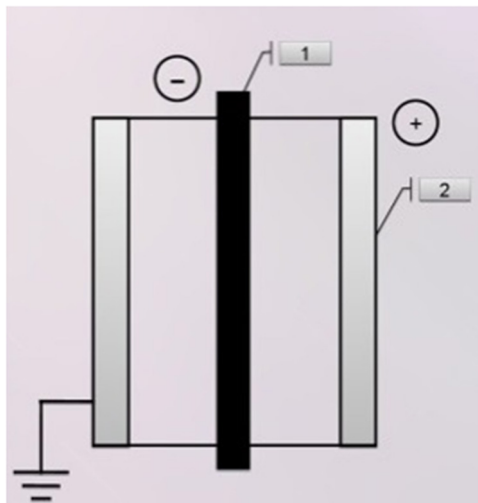
пактність (вентилятор і пиловловлювач сполучені в одному апараті, тому розміри в 3÷4 рази менші, ніж у циклона), менші питомі витрати на очистку 1000 м³ газу (на 20÷40% менші, ніж в циклона). Недоліки — відносна складність конструкції і експлуатації.

3. **Електрофільтри** використовуються головним чином на ТЕС, в котельнях, де є великі витрати газу з високою температурою (рис. 6). Обладнання даного типу є одним з перспективних з точки зору максимально високої ефективності очистки в яких видалення твердих часток з газового потоку відбувається за рахунок осадження заряджених в електрофільтрі частинок на поверхні осаджувальних електродів, а діапазон частинок, що можна вилучати становить 0,01÷100 мкм. Принцип вловлювання твердих частинок відбувається в три стадії: іонізація і зарядження твердих частинок при проходженні газу через електричне поле високої напруги; осадження заряджених частинок на заземлених осаджувальних електродах; видалення осадженого матеріалу в приймальний бункер механічним способом. Як правило, конструктивно промислові фільтри виконуються у вигляді ряду заземлених труби чи пластин через які пропускається газ для очистки, а між осаджувальними електродами розташовуються дровоті коронуючі електроди, що знаходяться під напругою. Переваги — високий ступінь очищення газів (до 99,5%), низький газодинамічний опір (100÷150 Па), можливість роботи з агресивними середовищами, здатність до очищення високотемпературних газів, очищення від твердих та рідких включень. Недоліки — висока вартість виготовлення і експлуатації, значні витрати електроенергії на створення електричного поля (0,1÷0,5 кВт·год на 1000 м³ очищеного газу).

До даної групи обладнання можна також віднести фільтри, які найчастіше використовуються для тонкої очистки (вловлювання частинок до 5 мкм) і складаються з корпусу, розділеного пористою фільтруючою перегородкою. Фільтрувальними елементами найчастіше є матеріали на основі поліестеру,



а — пилоосаджуюча камера; б — жалюзійний; в — циклон; г — ротаційний
Рис. 5. Конструкції механічних пиловловлювачів [5]



1 — коронуючий електрод; 2 — осаджувальний електрод
Рис. 6. Схема електрофільтра [12]

поліпропілену, поліаміду, поліакрилонітрилу, полівінілсульфіду тощо. Фільтри виготовляють як з внутрішньою так і зовнішньою робочою поверхнею. Режим регенерації фільтруючого елемента відбувається без припинення циклу роботи імпульсами попередньо висушеного і очищеного стисненого повітря ($0,35\div 0,6$ МПа) витрата якого не перевищує $0,1\%$ від об'єму очищуваного газу або струшуванням, вібрацією чи звуковими хвилями. Ефективність очистки газу — до 99% , термін роботи фільтра — $2\div 3$ роки. В промисловості найбільш часто використовуються рукавні фільтри круглої форми (135 мм) для фільтрів з вертикальним розташуванням рукавів та у формі еліпса — для фільтрів з горизонтальним та вертикальним розташуванням. Конструктивно рукавний фільтр виконується прямокутної чи круглої форми, має бункер, фільтрувальні рукави, що підвішені всередині корпусу та спеціального пристрою для керування процесом регенерації [13].

В Україні на котельних найбільш розповсюджені пиловловлювачі наступних типів: батарейні циклони, жалюзійні пиловловлювачі ВТИ та циклони НИИО-Газ. Останні використовуються у тому випадку, коли розміри твердих частинок в газі більше 5 мкм і його загальний об'єм становить $6000\div 20000$ м³/год. Найвищий ступінь видалення пилу мають установки ЦН-11, проте, їх недоліком є високий гідравлічний опір і, як наслідок, підвищені енерговитрати. У зв'язку з цим, вони рекомендовані до використання лише в котельнях з підвищеними вимогами до очистки газів. Найменш поширеними є циклони ЦН-15у (вкорочені) та ЦН-24 (високопродуктивні). Найбільш рекомендованим та універсальним типом циклона є марка ЦН-15. В котельнях на території України можна зустріти моделі ЦН-11 (високої продуктивності, не піддаються абразивним деформаціям), циклонипиловловлювачі, ЦП-2 (для великих об'ємів газу, проте, не для легких частинок), СКД-ЦН-33 (ефективні для відділення середньодисперсних частинок,

проте, не для легких частинок і з температурою робочого середовища не вище 400°C), СК-ЦН-34 ефективні для вловлювання сажі), широко застосовуються для очистки димових газів в котельнях циклони марки ЦМС-27. Батарейні циклони найчастіше використовуються у випадку, коли об'єми газів становлять від 15000 до 150000 м³/год, електрофільтри та батарейні циклони з рециркуляцією — при об'ємах вище 100000 м³/год. В котельнях з котлами типу ДКВР-4, ДКВР-6,5, ДКВР-10, ДКВР-20 досить часто використовуються для очистки димових газів мультициклони. Мокрі золовловлювачі і електрофільтри найбільш широко використовуються на електростанціях України (золовловлювачі — в котлах ТЕЦ та енергоблоках потужністю 100 , 150 і 200 МВт, а електрофільтри — 300 МВт) [9]. Фільтри з пористим середовищем не знайшли широкого застосування внаслідок складнощів регенерації фільтруючого матеріалу та великих габаритів.

Одним зі шляхів скорочення викидів оксиду азоту при спалюванні природного газу є використання котлоагрегатів оснащених економайзером для охолодження димових газів нижче точки роси. Однак, при цьому утворюється кислий конденсат зі стабільним протягом тривалого часу значенням водневого показника $4,2\div 4,7$ внаслідок наявності до 70 мг/л розчиненої вуглекислоти, який потрібно перед скиданням в каналізацію нейтралізувати. Розроблений в ІТТФ НАНУ метод безреагентної нейтралізації, принцип якого ґрунтується на способі дискретно-імпульсного введення енергії, дозволяє вилучати розчинену вуглекислоту за рахунок впливу на рідину фізико-хімічних процесів [14].

Висновки. Аналіз стану проблеми очистки димових газів та функціонування на сьогоднішній день в Україні обладнання показав, що більшість існуючого в Україні очисного обладнання спрямоване на очистку димових газів лише від золи використовуючи електрофільтри і золовловлювачі мокрого типу ефективність яких не задовольняє європейським вимогам ($30\div 50$ мг/м³). Крім цього, практично не проводиться очистка газів від оксидів сірки, концентрація яких досягає 8000 мг/м³ при європейських нормах $200\div 400$ мг/м³ і оксидів азоту, зменшення утворення яких здійснюється, як правило, лише за рахунок оптимальних умов згоряння палива і може досягати $600\div 2000$ мг/м³ в той час як норми ЄС встановлюють $200\div 600$ мг/м³. Така ситуація викликана тим, що вітчизняні котельні агрегати зношені так як знаходяться в експлуатації $40\div 50$ років відпрацювавши два нормативних терміни і потребують модернізації чи заміни з одночасним комплексним оснащенням системами очистки димових газів, відсутнє забезпечення науково-технічною і технологічною базою.

Вартість взятих Україною зобов'язань в рамках приєднання до Європейського Енергетичного співтовариства на сьогоднішній день складає $20\div 25\%$ від

вартості основного теплоенергетичного обладнання і передбачає скорочення шкідливих викидів до гранично допустимих значень з відповідною розробкою відповідних програм і переоснащення та модернізації обладнання з використанням високоефективних систем очистки, а саме: провести заміну твердого палива на газ; підвищити якість палива (збагачення вугілля); розробити план утилізації відходів ТЕС; збільшити ефективність виробництва; запровадити сучасні газоочисні технології; розробити стратегію виведення застарілих енерго-блоків з експлуатації; поширювати використання альтернативних джерел енергії; провести реформування паливно-енергетичної галузі [4].

У зв'язку з цим, основним завданням розробників на даний час є пошук та впровадження нових ефективних технологій, що дозволять зменшити кількість шкідливих викидів і досягнути ступеня очищення димових газів відповідно до вимог регламентованих ЄС.

Таким чином, одним з запропонованих заходів, спрямованих на зниження забруднення шкідливими викидами навколишнього середовища є спалювання природного газу в режимі глибокої утилізації теплоти димових газів (їх охолодження нижче точки роси) з наступною нейтралізацією утвореного кислого конденсату, що дозволить не тільки підвищити ККД котлоагрегату на 8÷12%, але й нейтралізувати без використання хімічних реагентів утворений конденсат (до 140 л/год з 1 МВт теплової потужності) і, як наслідок, зменшити витрати на підготовку води для живлення котлів за рахунок використання нейтралізованого конденсату і скоротити кількість стічних вод, поліпшити стан довкілля шляхом зменшення кількості стоків (хімічно забрудненого нейтралізованого конденсату і відходів установок пом'якшення води), раціонально використовувати водні ресурси за рахунок зниження потреби у природній воді (у випадку повторного використання нейтралізованого конденсату).

Література

1. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення: ГКД 34.02.305-2002 — ГКД 34.02.305 2002. [Чинний від 2002-07-01]. Київ: Науково-технологічний центр «Реактив-електрон» Національної академії наук України (НТЦ НАН України), 2002. — (Галузевий керівний документ).
2. Бондаренко Г. В. Еколого-енергетична безпека України в умовах глобалізації / Г. В. Бондаренко. // Вісник Черкаського університету. Серія Економічні науки. 2012. С. 128–134.
3. Теплообменные аппараты и приборы в легкой промышленности. / [Б. П. Кондауров, Л. Т. Бахшиева, В. С. Салтыкова и др.]; под ред. проф. А. А. Захаровой. — М.: Академия, 2003. 192 с.
4. Коваленко Т. Аналіз та оцінка впливу шкідливих викидів ТЕС України на навколишнє середовище [Електронний ресурс] / Т. Коваленко, П. Коваленко // Матеріали IV Міжнародної конференції молодих вчених ЕРЕС-2013 «Енергетика та системи керування» (ЕРЕС-2013). 2013. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/26866/1/013-036-039.pdf>.
5. Разва А. С. Природоохранные технологии в промышленной теплоэнергетике: курс лекций [Електронний ресурс] / А. С. Разва // Томский политехнический университет. — 2010. — Режим доступу до ресурсу: <http://portal.tpu.ru/SHARED/r/RAZVA/study/prp>.
6. Мисак Й. С. Очищення відхідних газів теплоенергетичних підприємств від діоксиду сірки, використовуючи водні розчини Na₂S₂O₃ / Й. С. Мисак, Д. С. Баранович, І. Л. Тимофеев. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2011. № 712: Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. С. 22–26.
7. Дубовской С. В. Экономические предпосылки внедрения природоохранных технологий в тепловой энергетике Украины / С. В. Дубовской, В. С. Коберник. // Энерготехнологии и энергосбережение. 2013. № 3. С. 59–65.
8. Семенюк М. В. Очищення газових потоків у відцентрових фільтрах: дис. канд. техн. наук: 05.17.08 / Семенюк М. В. Київ, 2018. 225 с.
9. Книга 3. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики [Електронний ресурс] / [С. Г. Плачкова, И. В. Плачков, Н. И. Дунаевская та ін.] // «Энергетика: история, настоящее и будущее». 2013. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3>
10. Биоэнергетика — стратегическое направление Украины [Електронний ресурс] // ООО «Консорциум «Энерго-машэкология». 2016. URL: <http://www.em-eco.net.ua/biblioteka/stati/szhiganie-luzgi-podsolnechnika/>
11. Промислова екологія: навчальний посібник / [С. О. Апостолук, В. С. Джигирей, І. А. Соколовський та ін.]. — 2-ге вид., виправл. і доповн. — К.: Знання, 2012. 430 с.
12. Защита атмосферы. (Тема 3) [Електронний ресурс] // Сервис РРТ Онлайн. 2016. URL: <https://en.ppt-online.org/50177>.
13. Щинников П. А. Природоохранные технологии на ТЭС и АЭС: конспект лекций [Електронний ресурс] / П. А. Щинников // Новосибирский государственный технический университет. 2014. URL: <https://studfiles.net/kgtu-3/1538/>.
14. Застосування способу дискретно-імпульсного введення енергії для нейтралізації конденсату продуктів згоряння природного газу / [А. А. Долінський, Б. Я. Целень, Г. К. Іваницький, А. В. Коник, Н. Л. Радченко, А. П. Гартивіг] // Наукові праці ОНАХТ. Т. 81, Вип. 1. 2017. С. 9–14.

УДК 664.6

Ищенко Тетяна Іванівна

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет харчових технологій

Ищенко Татьяна Ивановна

кандидат технических наук, доцент

Национальный университет пищевых технологий

Ishchenko Tetiana

PhD in Technical Science, Associate Professor

National University of Food Technologies

Дочинець Інга Вікторівна

асистент

Національний університет харчових технологій

Дочинец Инга Викторовна

ассистент

Национальный университет пищевых технологий

Dochynets Inha

Assistant

National University of Food Technologies

Скрибченко Анастасія Вікторівна

студент

Національного університету харчових технологій

Скрибченко Анастасия Викторовна

студент

Национального университета пищевых технологий

Skrybchenko Anastasiia

Student of

National University of Food Technologies

ЗБАГАЧЕННЯ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ІНГРЕДІЄНТАМИ

ОБОГАЩЕНИЕ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ИНГРЕДИЕНТАМИ

ENRICHMENT OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS WITH FUNCTIONAL INGREDIENTS

Анотація. Обґрунтовано використання пшеничних висівок у якості функціонального інгредієнта, який збагачує страву «Бананові мафіни» харчовими волокнами. Визначено енергетичну цінність та вміст нутрієнтів у функціональній страві. Доведено доцільність використання обраного збагачувального компонента, який надає страві оздоровчих властивостей.

Ключові слова: бананові мафіни, клітковина, пшеничні висівки.

Аннотация. Обосновано использование пшеничных отрубей в качестве функционального ингредиента, который обогащает блюдо «Банановые маффины» пищевыми волокнами. Определены энергетическая ценность и содержание нутриентов в функциональном блюде. Доказана целесообразность использования выбранного обогатительного компонента, который придает блюду оздоровительных свойств.

Ключевые слова: банановые маффины, клетчатка, пшеничные отруби.

Summary. Substantiated the use of wheat bran as a functional ingredient that enriches the Banana Muffins with edible fibers. The energy value and nutrient content of the functional dish have been determined. The expediency of using the selected enrichment component, which gives the dish the healing properties, is proved.

Key words: banana muffins, fiber, wheat bran.

Вступ. Мафіни є виробами масового вжитку та не потребують високих економічних затрат і значних витрат людської праці, є легкими у приготуванні. Вони є перспективними борошняними кондитерськими виробами, яким можна надати функціональних властивостей.

Метою статті є дослідження енергетичної цінності, вмісту основних нутрієнтів у готових виробках.

Постановка проблеми. Бажання використовувати перезрілі банани у поєднанні з розпушувачем надихнуло багатьох авторів кулінарних книг придумати рецепти для бананового «швидкого хліба» (на відміну від дріжджового хліба). Банани містять багато важливих поживних речовин, а саме значну кількість клітковини (до 3 г/100 г продукту) і деякі антиоксиданти. Кожен банан має близько 105 калорій і складається майже виключно з води та вуглеводів. Вони мають дуже мало білка і практично не мають жиру, також містять поживні речовини, які знижують рівень цукру в крові. Банани багаті пектином та мають низький глікемічний індекс, у незрілих бананів він становить близько 30 одиниць, а в дозрілих — близько 60 одиниць.

Банани є джерелом калію та магнію. Харчові продукти, які містять ці речовини, можуть сприяти зниженню артеріального тиску. Ці фрукти містять кілька типів потужних антиоксидантів, включаючи дофамін та катехіни. Вони пов'язані з багатьма перевагами для здоров'я, такими як знижений ризик серцево-судинних захворювань та дегенеративних захворювань [6].

Для збагачення було обрано рецепт мафінів з заміною частини борошна на пшеничні висівки, з невеликим вмістом масла вершкового та цукру, з корицею та великою кількістю банану [3].

Пшеничні висівки багаті рослинними сполуками, мінералами та є відмінним джерелом харчових волокон (табл. 1).

Пшеничні висівки багаті пребіотиками, які збільшенню кількості корисних бактерій кишечника, що, в свою чергу, сприяє здоров'ю організму в цілому. Вони також необхідні при серцево-судинних захворюваннях та для запобігання раку молочної залози. Їх вживання не рекомендують для людей з синдромом роздратованого кишечника та хворих на целиацію [5].

Викладення основного матеріалу. Вміст харчових волокон у готових виробках до збагачення становить 14,55 г харчових волокон, що складає 53,9% (4,49% в одному мафіні, середньою масою 68,75 г) добової потреби (27 г). В 100 г пшеничних висівок міститься 43,6 г харчових волокон, в 78 г (необхідних для збагачення) — 34,01 г, тобто 125,96% добової норми (10,57% в одному мафіні). Страва збагачена пшеничними висівками буде містити 179,86% (15% в одному мафіні) харчових волокон від добової норми, тобто 45,83 г (3,82 г в одному мафіні). При цьому кількість борошна зменшиться відповідно до 114 г, що враховано в розрахунку.

Технологія страви «Бананові мафіни» передбачатиме наступні кроки: підготовка сировини, заміста, формування виробів, випікання та охолодження. Технологічний процес майже нічим не відрізняється від традиційної технології, лише з'являється стадія додавання пшеничних висівок, яка процес не ускладнює (Рис. 1).

Розраховано енергетичну цінність страви до збагачення на 100 г, що склала 268,7 ккал, в тому числі: білків — 4,2 г; жирів — 8,7 г; вуглеводів — 43,3 г. Після збагачення енергетична цінність на 100 г становила 255,13 ккал, в тому числі: білків — 4,7 г; жирів — 8,96 г; вуглеводів — 38,9 г.

Таким чином, у результаті збагачення зменшилася калорійність страви та кількість вуглеводів, збільшилася кількість білків та жирів.

Таблиця 1

Хімічний склад пшеничних висівок (на 100 г продукту)

Основні нутрієнти, г	Вміст у 100 г	Вітаміни, мг	Вміст у 100 г	Мікро- та макро- елементи, мг	Вміст у 100 г
Білки	16	РР	13,5	Кальцій	150
Жири	3,8	В ₁	0,75	Магній	448
Вуглеводи	21,95	В ₂	0,26	Натрій	8
Харчові волокна	43,6	В ₄	74,4	Калій	1260
Насичені жирні кислоти	0,8	В ₅	2,2	Фосфор	950
Моно- і дисахариди	5	В ₆	1,3	Залізо	14
Крохмаль	11,6	Е	10,45	Цинк	7,3

Джерело: складено автором на основі [2]

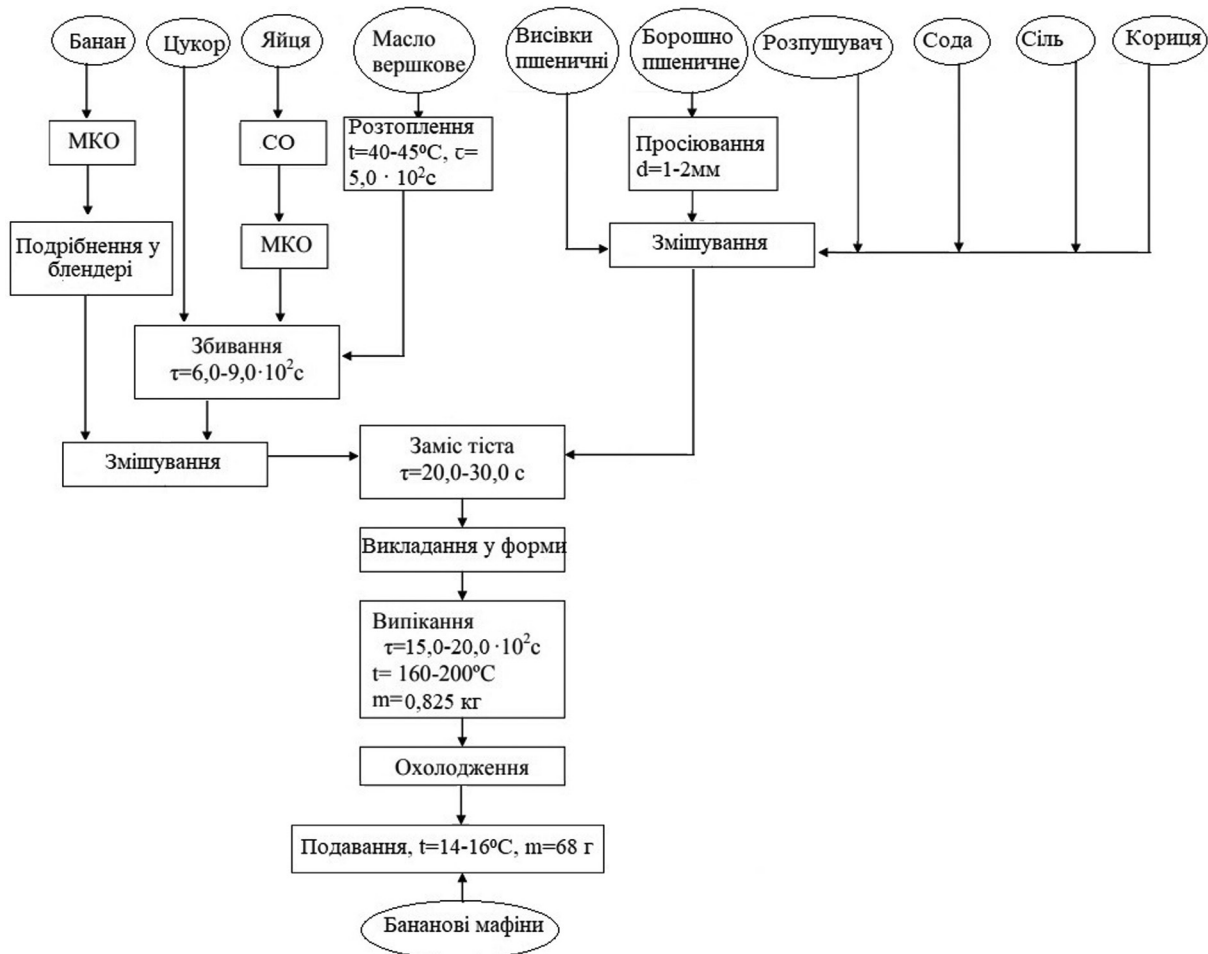


Рис. 1. Параметро-технологічна схема приготування бананових мафінів з пшеничними висівками

Джерело: розробка автора

Для розуміння користі виробів проаналізовано вміст вітамінів, мікро- та макроелементів у виробах та відсоток добової потреби, який забезпечується (табл. 2).

Отже, крім забезпечення великою кількістю харчових волокон, забезпечується також високий вміст магнію, натрію, фосфору та вітаміну РР. За один прийом рекомендоване вживання двох виробів.

Згідно проведених фізико-хімічних досліджень було виявлено, що масова частка води у виробі до збагачення становила 30,7%, а у функціональному зразку — 31% (при нормі 10–31% [1]). Таким чином, вміст води незначно підвищився у функціональному зразку, проте знаходиться у межах норми. Крім визначення води було проведено визначення питомої ваги мафінів, яка для контрольного зразка становила 1,68 г/см³, а для збагаченого виробу — 1,57 г/см³. Також була проведена органолептична оцінка виробів, згідно якої всі досліді функціонального зразка мають кращі оцінки, ніж контроль.

Висновки щодо проведених досліджень. Банани є популярним фруктом, який, як видається, дає численні переваги для здоров'я. Його повсюдно використовують у сирому вигляді, але він є не менш

корисним у випічці. Банани можуть сприяти покращенню травлення та роботи серця через їхній вміст харчових волокон та антиоксидантів.

Пшеничні висівки — це дуже поживний продукт і відмінне джерело клітковини. Вони можуть сприяти травленню та серцевому здоров'ю, можуть навіть зменшити ризик раку молочної залози та товстої кишки. Для більшості людей пшеничні висівки надають безпечну, легку та живильну добавку до хлібобулочних, кондитерських виробів, коктейлів та йогуртів.

Збагачення було вдалим, адже вміст харчових волокон у порції страви (один мафін вагою близько 69 г) забезпечить 15% середньої добової потреби у цій речовині. Вміст харчових волокон у страві збільшився на 10,51% і склав 3,82 мг у мафіні. Крім цього, була зменшена енергетична цінність страви, вміст у ній білків, жирів та зменшили кількість вуглеводів. За органолептичною оцінкою збагачена страва була оцінена вище, ніж контрольний зразок. Відповідно комплексний показник якості також зріс. Тобто, збагачену страву можна пропонувати до вживання, як таку, що забезпечить організм високим вмістом харчових волокон та буде оптимальною за вмістом білків, жирів та вуглеводів.

Таблиця 2

Хімічний склад функціональної страви «Бананові мафіни»

Найменування нутрієнту	Вміст у страві	Відсоток добової потреби, % (у мафіні, m≈69 г)	Найменування нутрієнту	Вміст у страві	Відсоток добової потреби, % (у мафіні, m≈69 г)
Залізо, мг	17,31	96,2 (8,0)	Вітаміни:		
Калій, мг	2530,45	101,2 (8,4)	Вітамін А, мкг	487,1	54,1 (4,5)
Кальцій, мг	238,46	23,8 (1,9)	Вітамін В ₁ , мг	1,6	106,7 (8,9)
Магній, мг	555,66	138,8 (11,6)	Вітамін В ₂ , мг	0,98	54,4 (4,5)
Натрій, мг	2337	180,2 (15)	Вітамін В ₃ , мг	0,34	2,14 (0,2)
Сірка, мг	209,82	20,9 (1,7)	Вітамін В ₄ , мг	235,54	47 (3,9)
Фосфор, мг	1112,9	139,1 (11,6)	Вітамін В ₅ , мг	2,77	55,4 (4,6)
Хлор, мг	1292,06	56,2 (4,7)	Вітамін В ₆ , мг	1,68	84 (7)
Алюміній, мкг	1390,8	92,6 (7,7)	Вітамін В ₉ , мкг	195,63	48,9 (4)
Йод, мкг	9	6 (0,5)	Вітамін С, мг	35	38,8 (3,2)
Кобальт, мкг	7,5	75 (6,3)	Вітамін РР, мг	89,1	445,5 (37,1)
Марганець, мг	1,136	56,8 (4,7)			
Мідь, мкг	553,7	55,4 (4,6)	Вітамін Е, мг	12,6	84,0 (7)
Молібден, мкг	23,0	32,9 (2,7)	Вітамін Н, мкг	12,52	25 (2)
Цинк (в мг)	0,78	6,5 (0,5)	Вітамін К, мкг	2,12	1,8 (0,15)
Хром (в мкг)	5,3	10,6 (0,9)			
Нікель (в мкг)	10,6	21,2 (1,8)			
Селен (в мкг)	10,74	19,5 (1,6)			

Джерело: складено автором на основі [2]

Література

1. ДСТУ 4505:2005 «Кекси. Загальні технічні умови». — К.: Держстандарт України, 2006.
2. Химический состав пищевых продуктов. Справочник. [Текст] / під. ред. І. М. Скуріхіна та М. Н. Волгарева. — М.: ВО «Агропромиздат», 1987. — Кн. 1—224 с.
3. Banana Muffins II Recipe [Електронний ресурс] // Allrecipes.com, 2002. URL: <https://www.allrecipes.com/recipe/42719/banana-muffins-ii/>. — заголовок з екрану (27.05.19).
4. Dietary fiber: Essential for a healthy diet [Електронний ресурс] // Healthy Lifestyle: Nutrition and healthy eating. — Mayo Clinic, 2018. URL: <https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/fiber/art-20043983>. — заголовок з екрану (15.05.19).
5. Wheat Bran: Nutrition, Benefits and More [Електронний ресурс] // Kaitlyn Berkheiser. — Healthline, 2018. URL: <https://www.healthline.com/nutrition/wheat-bran>. — заголовок з екрану (15.05.19).
6. 11 Evidence-Based Health Benefits of Bananas [Електронний ресурс] // Adda Bjarnadottir. — Healthline, 2018. URL: <https://www.healthline.com/nutrition/11-proven-benefits-of-bananas>. — заголовок з екрану (15.05.19).

УДК 004.021

Котляр Ілля Сергійович

студент

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Котляр Илья Сергеевич

студент

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Kotliar Illia

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Гриша Олена Василівна

кандидат технічних наук, доцент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Гриша Елена Васильевна

кандидат технических наук, доцент

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Grisha Elena

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ГАРМОНІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ОСОБИСТОСТІ КЕРІВНИКА КОМПАНІЇ

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГАРМОНИЗАЦИИ РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ РУКОВОДИТЕЛЯ КОМПАНИИ

INFORMATION TECHNOLOGY OF HARMONIZATION OF PERSONAL DEVELOPMENT OF COMPANY'S MANAGER

Анотація. У сучасному суспільстві дуже гостро стає питання управління власним розвитком та розподілу вільного і робочого часу. Домінує розуміння про необхідність збалансованого гармонійного розвитку у багатьох сферах. Може бути визначена Збалансована система цільових показників розвитку та побудована Дорожня карта у вигляді щотижневих планів активності. Важливою частиною є врахування доступних проміжків часу для активності у різних сферах від професійного, культурного розвитку до розвитку міжособистісних відносин.

Ключові слова: розвиток, коучінг, планування задач.

Аннотация. В современном обществе очень остро стоит вопрос управления собственным развитием и распределения свободного и рабочего времени. Доминирует понимание о необходимости сбалансированного гармоничного развития во многих сферах. Может быть определена Сбалансированная система целевых показателей развития и построена Дорожная карта в виде еженедельных планов активности. Важной частью является учет доступных промежутков времени для активности в различных сферах от профессионального, культурного развития к развитию межличностных отношений.

Ключевые слова: развитие, коучинг, планирование задач.

Summary. In today's society, the issue of managing own development and distribution of free and working time becomes very acute. There is a dominant understanding of the need for balanced harmonious development in many areas. A Balanced Scorecard can be identified and a Roadmap is created in the form of weekly activity plans. An important part is taking into account the available time span for activity in various spheres from professional, cultural development to the development of interpersonal relationships.

Key words: development, coaching, planning of tasks.

Однією з ознак у сучасному аналізі бізнесу є розуміння узгодженого прояву особистості керівника і характеристик керованого ним об'єкта. Це розуміння дає можливість на основі аналізу особистості керівника давати оцінку бізнесу, прогнозувати його динаміку і можливості. Таким чином, в суспільстві сформовано розуміння необхідності гармонійного розвитку особистості керівника як основи успішності його бізнесу і його проектів. Ця єдність передбачає поширення принципу гармонійного розвитку і на особистість керівника. Існують підходи, націлені на планування навчання і досягнення намічених результатів, однак всі вони спираються на директивне впровадження пропонованих практик у пропонованій послідовності. Серед інструментів підтримки — коучинг, програмні продукти для складання і відстеження виконання індивідуальних планів. В даному контексті має вплив також відсутність формальної залежності виконання запланованих активностей на результат.

Коучинг — це індивідуалізований процес розвитку підопічного за допомогою певного тренера, що створює умови для досягнення короткострокових та довгострокових цілей. Коучинг — важлива частина в процесі розвитку людини та вимагає індивідуального підходу до кожної особи [1].

Особистісний ріст є сукупність таких складових, як «Я-Я — відносини» (відносини з самим собою, внутрішня гармонія), «Відносини Я — Інші» (відносини з навколишнім світом) і самореалізація. Розвиток цих складових і є особистісний ріст [2].

Пропонований підхід націлений не тільки на формування процесу досягнення цілей на основі безпосереднього вибору і оцінки активностей за внутрішнім відчуттям бажаності і впливу цих активностей на результат, а й концентрації уваги на уточненні ступеня впливу активностей на гармонійне поліпшення показників розвитку в процесі шляху досягнення результату. Цьому сприяє розроблений критерій вибору активностей для динамічного складання розкладу на кожен тактичний період планування (на разі обраний тиждень). Оскільки на включення в тижневий план впливає ступінь відставання в показниках, їх важливість і активності, що впливають на ці показники, і не впливає кількість часу, витрачений на активності в попередніх планах, то, аналізуючи витрачений час і результати зусиль, керівник регулює показники впливу активностей на результати за внутрішнім відчуттям динаміки змін. Послідовність таких планів і є дорожньою

картою на шляху досягнення стратегічних показників розвитку.

Постановка задачі

Нехай бачення стратегічного вдосконалення власної особистості керівника може бути подана як модель наступного виду.

$$M = \langle V, V^*, V^{**}, K, G, T, A, C, P \rangle$$

V — вектор стартових значень ключових показників розвитку;

V^* — вектор цільових значень ключових показників розвитку;

V^{**} — вектор поточних значень ключових показників розвитку;

K — множина коефіцієнтів впливу показників розвитку на інтегрований показник;

G — інтегрований показник розвитку; Оскільки важливі не тільки абсолютні значення, а відносний розкид характеристик і важливим є саме збалансоване покращення характеристик, у якості інтегрального критерія обираємо середньозважене геометричне значення

$$G = \prod_{v_i \in V} v_i^{k_i}, k_i \in K \rightarrow \max$$

T — тривалість стратегічного періоду планування (в поточному випадку приймемо 1 рік);

C — вартісні обмеження на проведення активностей, задані в проміжках тактичного планування $c_l \in C, l = [1, 2, \dots, |P|]$;

A — множина доступних активностей для вдосконалення особистості

$$A = \langle a^n, K^*, t_a^{\min}, t_a^{\text{opt}}, t_a^{\max}, K^{**}, a^r, c_a \rangle$$

a^n — назва активності;

K^* — матриця коефіцієнтів впливу активностей на обрані ключові показники розвитку (показник, коефіцієнт впливу) в розрахунку на оптимальний термін виконання

$$K^* = (k^*_{ij}), i = 1, 2, \dots, |A|, j = 1, 2, \dots, |V|.$$

$t_a^{\min}$ — мінімальний разовий термін активності.

Вплив на інтегрований показник знижується пропорційно зменшенню (корегується індивідуально);

t_a^{opt} — оптимальний разовий термін активності;

$t_a^{\max}$ — максимальний разовий термін активності.

Вплив на інтегрований показник знижується пропорційно $1/4$ збільшення, чи може бути логарифмічна функція (корегується індивідуально);

K'' — матриця коефіцієнтів пониження ефективності активності у разі відмінності терміну від оптимального

$$K'' = (k''_{ij}), i = 1, 2, \dots, |A|, j = 1, 2, \dots, |V|.$$

a^r — поточний рейтинг особистої переваги (1–10);

c_a — вартість оптимального терміну проведення активності, при застосуванні іншого терміну вартість змінюється пропорційно;

P — множина тактичних планів впродовж періоду стратегічного планування. В даному випадку вважатимемо раціональним тижневе планування заходів вдосконалення.

Кожен тактичний план може бути поданим у вигляді наступної моделі

$$P = \langle A^*, R^*, R'', T^*, \Delta G, c_l \rangle$$

де A^* — обрана множина активностей з загальної множини A

R^* — змінний розклад застосування активностей

R'' — фіксовані позиції розкладу застосування активностей

$$R''(a^*_i, t^b_{id}, t^e_{id}, d),$$

де a^*_i — вид активності

t^b_{id} — початок занять активністю у i день тижня d ;

t^e_{id} — кінець занять активністю у i день тижня d ;

$d = [1, 2, \dots, 7]$;

T^* — доступні проміжки часу для активності у тижні $T^*(t^b_d, t^e_d, d)$;

d — номер дня у тижні для планування заняття активністю $d = [1, 2, \dots, 7]$;

ΔG — інтенсивність впливу плану на збалансований інтегрований показник розвитку;

c_l — гранична вартість конкретного l -го тактичного плану.

Сформований розклад має вигляд відношення наступного вигляду:

$$R^*(a^*_i, t^b_{id}, t^e_{id}, d),$$

де a^*_i — вид активності;

t^b_{id} — початок занять активністю у i день тижня d ;

t^e_{id} — кінець занять активністю у i день тижня d ;

$d = [1, 2, \dots, 7]$.

Для формування плану приймемо до уваги прогнозований вплив на інтегрований показник. До планування включаються тільки ті показники, по яких $v^*_j - v^{**}_j > 0$

$$\Delta G = \prod_{j \in V} \left(\left(\sum_{i \in A^*} \frac{a^r}{10} \sum_{d=1}^7 k''_{ij} \frac{t^e_{id} - t^b_{id}}{t^{opt}_a} k''_{ij} \right) \frac{v^*_j - v^{**}_j}{v^*_j - v_j} \right)^{k_j},$$

$$k''_{ij} \in K^*, k''_{ij} \in K^{**} \rightarrow \max,$$

Враховуються обмеження на вартість

$$c_l \leq \sum_{i=1, 2, \dots, |A^*|} c_{ai}.$$

Таким чином, критерієм входження активностей в поточний j -й план обраний показник, що відображає можливість наближення до гармонійного розвитку щодо поточного стану, тимчасових і вартісних резервів і поточних переваг за видами активностей.

Алгоритм вирішення задачі

1. Завдання стратегії розвитку у вигляді показників досягнення.

1.1. Завдання методів визначення показників та метриками.

1.2. Встановлення мінімально прийнятного рівня досягнення показників.

2. Завдання рівня впливу показників на інтегрований показник реалізації стратегії.

3. Формування доступних проміжків часу для розвитку у наступний тиждень.

4. Формування плану розвитку на наступний тиждень.

5. Візуалізація результату.

5.1. Для візуалізації результату обираємо з шаблонів образів та фарбування.

5.2. При завданні початкових значень показників робиться градація кольору від початкових (зелений) до кінцевих (червоний).

5.3. Відображення j -го показника якщо $v^*_j - v^{**}_j \leq 0$ вважається перевиконанням, фарбується наступним за райдугою червоного кольором.

5.4. Ідеальний розвиток — однакове нормоване до бажаного значення приросту. (можливо враховувати значущість)

5.5.

$$\max_{v_j \in V, v^*_j \in V, v^{**}_j \in V, v_i \in V, v^*_i \in V, v^{**}_i \in V, i \neq j} \left| \frac{v^*_j - v_j}{v^*_j - v_j} - \frac{v^*_i - v_i}{v^*_i - v_i} \right| \rightarrow \min$$

5.6. Величина частини чоловічка відображається з врахуванням збалансованості розвитку. Середнє значення приросту

$$v_{avg} = \sum_{j=1}^{|V|} \frac{v^*_j - v_j}{v^*_j - v_j} / |V|.$$

5.7. Показ тижневого та інтегрального розвитку
Також результуючі дані можна переглянути традиційним чином за допомогою таблиць та діаграм.

6. Аналіз ефективності застосування активностей.

7. Аналіз наближення до цільових значень та гармонійності розвитку.

8. В разі задоволення — Вихід.

9. В разі корегування стратегії розвитку перехід на 1.

10. В разі корегування впливовості активностей на результат перехід на 2.

11. Перехід на 4.

Алгоритм вирішення задачі планування розкладу активностей на тиждень

Для вирішення задачі застосуємо генетичний алгоритм, оскільки точні методи передбачають наявність функціональної залежності результату від застосування активностей протягом тижнів.

Вхідні дані:

1. T^* — Доступні проміжки часу для активності у тижні $T^*(t_d^b, t_d^e, d)$, d — Номер дня у тижні для планування заняття активністю $d = [1, 2, \dots, 7]$.

2. A — Множина доступних активностей для вдосконалення особистості

Генетичний алгоритм [Рис. 1]:

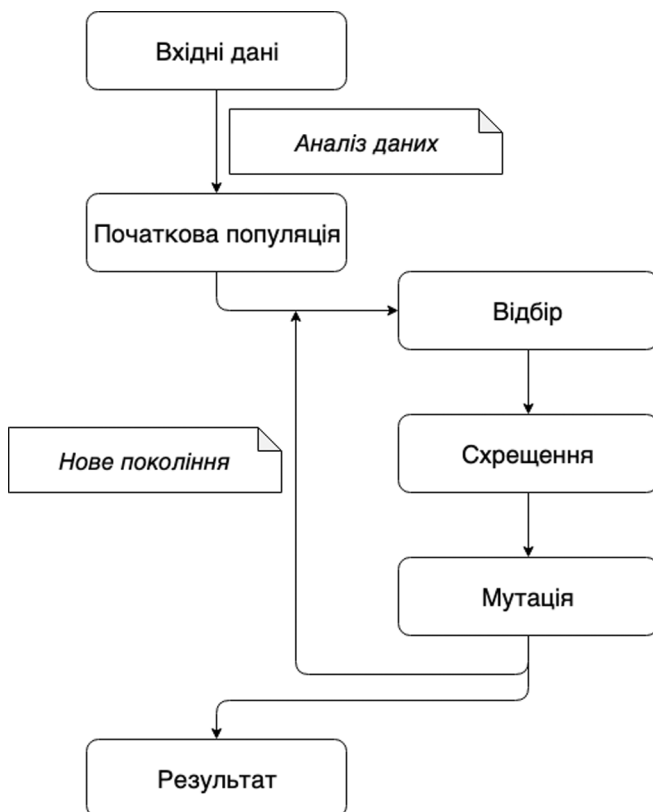


Рис. 1. Структура генетичного алгоритму
Джерело: розробка автора

Геномом є певний розклад активностей на день в тижні.

Хромосомою є активність дня.

Покоління — розклад активностей на тиждень.

Аналізуючи отримані дані про вільний час у кожен день тижня, отримуємо кількість годин для виконання активностей.

1. Генеруємо перше покоління розкладу.

0.1. Сортуюмо задачі за актуальністю.

0.2. По дням розподіляємо їх за мінімальним, оптимальним і максимальним часом для кожної.

0.2.1. В день має бути достатня кількість часу на виконання чергової активності

0.2.2. Якщо часу недостатньо береться наступна активність поки час на виконання активності не буде меншим або дорівнювати відведеному часу на день.

0.3. Отримаємо три варіанти розкладу.

1. Застосовуємо схрещення та мутацію для отримання нового покоління.

1.1. У двох розкладах порівнюємо цільову функцію дня

$$D = k_A * \sum_{i=0}^n A_i * p_i - k_T T_f,$$

де A_i — активності, які увійшли в певний день,

p_i — пріоритет активності,

T_f — час який залишився,

k_A — коефіцієнт важливості пріоритету активності,

k_T — коефіцієнт важливості залишку часу в день

1.2. Розклад на день, для якого цільова функція є більшою, переходить у нове покоління.

1.3. При схрещенні кожного разу перевіряється повторення задач.

1.4. Кожна задача має бути тільки один раз, зберігається остання позиція завдання, а попереднє видаляється, тим самим звільняє час у певний день.

1.5. Мутацією є заповнення вільного часу в розкладі наступними за пріоритетом завданнями після тих, які вже були розподілені.

2. Обчислюємо цільову функцію покоління та порівнюємо її цільовою функцією попереднього покоління.

2.1. Кінцем роботи алгоритму є певна кількість поколінь або сходження популяції.

Сходженням називається такий стан популяції, коли всі рядки популяції майже однакові і знаходяться в області деякого екстремуму. У такій ситуації кросовер практично ніяк не змінює популяції, як ті покоління, які вийшли з цієї області за рахунок мутації особини схильні вимирати, так як частіше мають меншу пристосованість, особливо якщо цей екстремум є глобальним максимумом. Таким чином, сходження популяції зазвичай означає, що знайдено краще або близьке до нього рішення [3].

Цільова функція враховує в першу чергу пріоритет з певним коефіцієнтом та час, який не був відведений на задачі але не використаний у розкладі.

Загалом значення цільової функції тижня обчислюється як сума значень цільових функцій для кожного дня в цьому тижні.

На виході отримуємо графік виконання активностей на тиждень та прогнозування часу для досягнення мети.

Для визначення переліку напрямків розвитку можна використати наступний перелік (кар'єра, професійні компетенції, фінанси, фізичний розвиток, вивчення мов, соціалізація, відносини з родиною, відносини з парою, шкідливі звички, корисні звички, культурний розвиток, проведення дозвілля, мандри, розвиток талантів, хобі, медитації).

Критерієм входження активностей в поточний j -й план обраний показник, що відображає можливість наближення до гармонійного розвитку щодо

поточного стану, тимчасових і вартісних резервів і поточних переваг за видами активностей.

Висновок. Поданий підхід дозволяє розробити ефективний розклад активностей на тиждень для дорожньої карти досягнення цілей розвитку та динамічно корегувати його в залежності від ступеня досягнення та зміни розуміння впливу виконання ак-

тивностей на показники розвитку. Також створений план виконує завдання дотримання збалансованого розвитку людини. Розроблено композиційний генетичний алгоритм, особливістю якого є модифікація процедур схрещення та мутації, за допомогою якого відбувається аналіз та побудова маршруту розвитку людини.

Література

1. Stern, Lewis R. Executive Coaching: A Working Definition // Consulting Psychology Journal: Practice and Research, 2004. P. 154–162.
2. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетичні алгоритми: Учебний посібник. 2-е вид. М: Фізматліт, 2006. 320 с.
3. Маралов В. Г. Основи самопізнання і саморозвитку: учебный посібник для студентів серед педагогічних учбових закладів. М.: Видавничий центр «Академия», 2004. 256 с.

УДК 622.692.4

Люта Наталія Вікторівна

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Люта Наталия Викторовна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтеохранилищ
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Liuta Nataliia

PhD, Associate Professor,
Department Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Лісафін Володимир Петрович

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Лисафин Владимир Петрович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтеохранилищ
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Lisafin Volodymyr

PhD, Associate Professor,
Associate Professor of the Department Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

МЕХАНІЗМ ВПЛИВУ МАГНІТНОГО ТА ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛІВ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАФТИ

МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОГО И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЕЙ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТИ

MECHANISM OF MAGNETIC AND ELECTRIC FIELD INFLUENCE ON THE REOLOGIOUS PROPERTIES OF OIL

Анотація. Обґрунтовано можливість застосування магнітного та електричного полів для впливу на реологічні властивості нафти та розглянуто перспективи використання цього явища на нафтопроводах України.

Ключові слова: нафтопровід, в'язкість нафти, електричне поле, магнітне поле.

Аннотация. Обоснована возможность применения магнитного и электрического полей для влияния на реологические свойства нефти и рассмотрены перспективы использования этого явления на нефтепроводах Украины.

Ключевые слова: Нефтепровод, вязкость нефти, электрическое поле, магнитное поле.

Summary. The possibility of applying magnetic and electric fields to influence the rheological properties of oil is substantiated and the perspectives of the use of this phenomenon on the oil pipelines of Ukraine are considered.

Key words: oil pipeline, oil viscosity, electric field, magnetic field.

Характерною особливістю сучасного нафтовидобутку є збільшення у світовій структурі сировинних ресурсів частки запасів, до яких належить важка нафта з в'язкістю 30 мПа·с і вище. Запаси таких видів нафти становлять не менше 1 трлн. тон, що більш, ніж у п'ять разів перевищує обсяг залишкових видобутих запасів нафти малої і середньої в'язкості. У багатьох промислово розвинених країнах світу важка нафта розглядається в якості основної бази розвитку нафтовидобутку на найближчі роки. Оскільки в майбутньому добуватимуть все більше і більше важкої нафти, надійна технологія впливу на реологічні властивості сирової нафти набуває актуальності.

Першим досліджував поведінку рідкої суспензії, до складу якої входили в якості дисперсної фази однорідні сфери, що перебували в дисперсійному середовищі — рідині з в'язкістю η_0 , А. Ейнштейн у 1905 році [1]. Він запропонував визначати в'язкість суспензії формулою

$$\eta = \eta_0 (1 + 2,5\phi) \quad (1)$$

для для концентрації дисперсної фази $\phi < 0,01$.

G. K. Batchelor 1977 році та W. B. Russel, D. A. Saville, W. R. Schowalter, пропонують ввести уточнення для випадку розбавлення суспензії [2,3,4].

Для високих значень ϕ , слід враховувати максимальне значення об'ємної концентрації дисперсної фази ϕ_m , щоб мати можливість для додавання частинок. Для рідинних суспензій ϕ_m приблизно становить 0,64, але не більше за 0,74, максимальний коефіцієнт дефекта маси гранецентрованої кубічної (ГЦК) ґратки. Коли ми збільшимо концентрацію дисперсної фази суспензії ϕ на величину $d\phi$, об'єм, що залишиться доступним для додавання сфер, дорівнюватиме $1 - \phi / \phi_m$. Зростання в'язкості становитиме

$$d\eta / \eta = 2,5d\phi / (1 - \phi / \phi_m).$$

Звідси, при високому ϕ , в'язкість визначається як

$$\eta / \eta_0 = (1 - \phi / \phi_m)^{-2,5\phi_m}.$$

I. M. Krieger та T. J. Dougherty [5] запропонували таку залежність для визначення в'язкості суспензії

$$\eta / \eta_0 = (1 - \phi / \phi_m)^{[\eta]\phi_m} \quad (2)$$

яка дає можливість визначити в'язкість для частинок будь-якої форми шляхом вибору відповідного $[\eta]$. Наприклад, $[\eta] = 5/2$ для частинок сферичної форми, і $[\eta] = 5,8$ для плоских частинок. У той час як $[\eta]$ істотно змінюється для частинок різної форми, величина $[\eta]\phi_m$ практично залишається незмінною та приблизно дорівнює 1,9 [4–5].

При високому ϕ , розподіл частинок за розмірами також впливає на в'язкість. З наукової літератури [7–8] відомі результати експериментальних досліджень суспензій із монодисперсними мікронними

та субмікронними частинками, які вказують на те, що за сталого ϕ , із збільшенням розміру частинок зменшується в'язкість суспензії. Як зображено на рисунку 1а, наприклад, при $\phi = 15\%$, суспензія із частинок розміром 10,0 мкм має в'язкість тільки 23,9% від в'язкості суспензії з частинок розміром 0,05 мкм.

S. Matsumoto та D. G. Thomas [7–8] пропонують емпіричну формулу для визначення коефіцієнту максимальної упаковки ϕ_m , що зростає із збільшенням розміру частинок:

$$1 / \phi_m = 1,079 + e^{0,01008/D} + e^{0,0029/D^2},$$

де D — діаметр частинок в мікронах.

Оскільки на даний час немає ґрунтовних досліджень такого впливу розміру частинок, наступне пояснення допоможе зрозуміти його суть. Як правило, ефективна в'язкість залежить від того, наскільки рухомими є зважені частинки в суспензії. Чим менш рухомими є частинки, тим швидше розсіюється енергія і тим вища ефективна в'язкість. Середня довжина вільного пробігу сфер всередині суспензії визначається як

$$\lambda \approx a / (3\phi),$$

де a — радіус частинки.

Зі збільшенням a , λ стає довшим, що вказує на те, що зважені частинки мають більше свободи для переміщення в суспензії. Таким чином, η зменшується.

Значення ϕ_m в рівнянні (2) також збільшуються зі збільшенням полідисперсії [6]. Наприклад, коли відношення кількості великих частинок до кількості малих у суспензії з бінарним розподілом частинок за розміром збільшується, в'язкість суттєво зменшується (рисунок 1 б): якщо $\phi \geq 50\%$, коли співвідношення досягає 1:1, в'язкість знижується більш, ніж на 50% в порівнянні з монодисперсною суспензією.

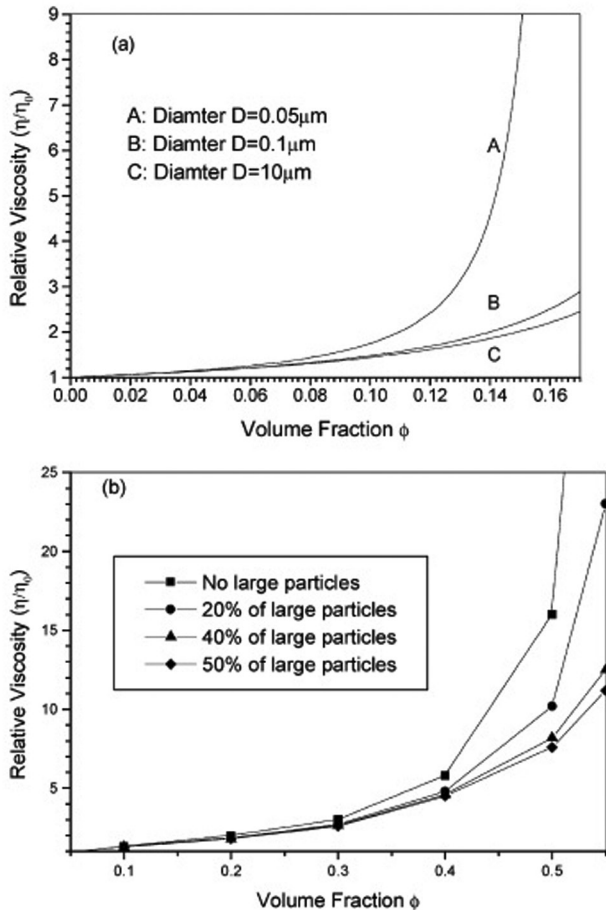
Для бінарного розподілу частинок за розмірами, можна вважати, що дрібні частинки ущільнюють дисперсійну (рідку) фазу, а більші частинки ущільнюють дисперсну (тверду) фазу; тому можна записати, що

$$\eta = \eta_0 \cdot (1 - \phi_1 / \phi_{m1})^{[\eta_1]\phi_{m1}} \cdot (1 - \phi_2 / \phi_{m2})^{[\eta_2]\phi_{m2}}.$$

Це значення буде меншим, ніж у суспензії з однорідних дрібних частинок з об'ємною концентрацією дисперсної фази $\phi_1 + \phi_2$.

Крім того, експерименти також показують, що в'язкість суспензії з великими зваженими частинками, яка рухається через капілярні трубки додатково знижується через тенденцію великих частинок рухатися до центра труби [9].

З наведеного вище видно, що агрегування дрібних частинок до великих у рідкій суспензії знизить ефективну в'язкість за умови, що ϕ залишається незмінним. Для більшості суспензій, таку агрегацію



a — залежність відносної в'язкості від концентрації дисперсної фази і розмірів частинок для монодисперсних суспензій;

b — залежність відносної в'язкості від концентрації дисперсної фази і розподілу частинок за розмірами; в'язкість в порівнянні з об'ємної частки частинок і частки розподіл. Співвідношення розміру часток становить 5:1

Рис. 1. Вплив розподілу частинок за розмірами на в'язкість суспензії [10, с. 2047]

можна реалізувати за допомогою електричного або магнітного поля.

У роботі [10, с. 2047] американський та китайський дослідники R. Тао та X. Ху розглянули вплив магнітного поля на в'язкість суспензій, але аналогічні фізичні процеси притаманні й електричному полю. Вони припустили, що магнітна проникність μ_p частинок відрізняється від μ_f базової рідини. У магнітному полі частинки поляризовані в напрямку поля. Якщо частинки є однорідними сферами радіусом a , то дипольний момент дорівнює

$$\vec{m} = \vec{H} \cdot a^3 \cdot (\mu_p - \mu_f) / (\mu_p + 2 \cdot \mu_f),$$

де $\vec{H}$ — магнітне поле, що діє на сферу.

Взаємодія між двома наведеними індукованими магнітними диполями виражається

$$U = \mu_1 \cdot m^2 \cdot (1 - 3 \cos^2 \theta) / r^3,$$

де r — відстань між ними;

θ — кут між полем і лінією, що з'єднує два диполі.

Якщо взаємодія досить сильна, щоб подолати броунівський рух, частинки агрегуються і вирівнюються в напрямку поля.

Якщо ця взаємодія дуже сильна, частинки швидко об'єднуються в макроскопічні ланцюжки або стовпці, створюючи перешкоди для потоку рідини і збільшуючи в'язкість з магнітним полем. Це явище досить відоме, коли йде мова про магнітореологічні та електрореологічні рідини.

З іншої сторони, якщо застосувати короткі імпульси магнітного потоку, таким чином, що прикладеного часу недостатньо, щоб дипольна взаємодія вплинула на частинки, що знаходяться на макроскопічних відстанях одна від одної, але достатньо, щоб об'єднати частинки, що знаходяться поруч. Такі об'єднання мають обмежені розміри, скажімо, в діапазоні мікрометрів. Хоча деякі частинки піддаються агрегації, розмір агрегованих частинок збільшується. Під час використання поля, в'язкість швидко змінюється.

Проте, після того, як магнітне поле вимкнено, в'язкість суспензії стає початковою. Це відображає той факт, що поки об'ємна концентрація дисперсної фази залишається незмінною, розподіл часток за розмірами змінюється: зростає як кількість великих частинок, так і полідисперсія.

Важливо відзначити, що цей метод впливу на в'язкість не є наслідком зміни температури суспензії. Зниження стає більш вираженим, коли об'ємна концентрація дисперсної фази ϕ зростає. Таким чином, імпульс електричного чи магнітного поля більш ефективний для щільних суспензій, ніж для розбавлених.

Оцінимо мінімальне магнітне поле H_c , необхідне для об'єднання частинок. Для щільності частинок n , типова відстань між двома сусідніми частинками становить близько $n^{-1/3}$, а їхня дипольна взаємодія становить $m^2 n \mu_1$. Ця взаємодія має подолати тепловий броунівський рух, щоб звести їх разом. Таким чином, необхідно, щоб виконувалася умова

$$\mu_1 m^2 n / (k_B T) \geq 1,$$

де k_B — стала Больцмана,

T — абсолютна температура.

Звідси, маємо формулу для визначення критичного поля

$$H_c = [k_B \cdot T / (n \mu_1)]^{1/2} \cdot (\mu_p + 2 \mu_f) / [a^3 \cdot (\mu_p - \mu_f)] \quad (3)$$

Для зміни в'язкості рідкої суспензії, прикладене магнітне поле не може бути меншим, ніж H_c . Це досить сильно відрізняється від магнітореологічних та електрореологічних рідин, для яких співвідношення $\mu_1 m^2 n / (k_B T)$ перевищує у сотні разів. У цьому випадку потрібно, щоб дипольна взаємодія не була слабшою за тепловий рух.

Оцінімо необхідну тривалість імпульсу. Сила між двома сусідніми частинками становить близько $6\mu_1 m^2 n^{4/3}$. Від цієї сили і сили опору Стокса $6a\pi\eta_0 v$ ми розраховуємо середню швидкість руху частинок

$$v = \mu_1 m^2 n^{4/3} / (\pi\eta_0 a).$$

Час, необхідний для того, щоб дві сусідні частинки об'єдналися становитиме

$$\tau = n^{-1/3} / v = \pi\eta_0 \cdot (\mu_p + 2\mu_f)^2 / \left[\mu_1 n^{5/3} a^5 \cdot (\mu_p - \mu_f)^2 H^2 \right] \quad (4)$$

Якщо імпульс магнітного поля набагато коротший, ніж τ , часу не вистачить для агрегації. Якщо імпульс триває набагато довше, ніж τ , можуть бути сформовані макроскопічні ланцюжки, які уповільняють рух потоку, що є небажаним для зниження в'язкості. Таким чином, для зниження в'язкості, тривалість імпульсу повинна бути на в межах τ .

Щоб застосувати наведені вище рівняння у випадку електричного поля, потрібно замінити магнітну проникність відповідною діелектричною проникністю [10, с. 2050].

Агреговані частинки зазвичай витягнуті уздовж поля. Таким чином, в'язкість може бути додатково зменшена, якщо напрям потоку і поля паралельні.

Після вимкнення поля, взаємодія зникає і агреговані частинки під впливом броунівського руху поступово розпадаються. Тому в'язкість буде поступово збільшуватися, і, після того, як всі агреговані частинки розпадаються, повернуться до початкового значення. Оцінімо інтервал часу, необхідний для зниження в'язкості. За відсутності впливу інших чинників, як це буває при статичному потоці чи при постійному потоці, частинки в суспензії відокремлюються дифузно, тільки за рахунок броунівського руху з коефіцієнтом дифузії $k_B T / (6\pi a \eta_0)$. Дві, початково поєднані між собою, сфери радіусом a , віддаляються одна від одної на відстань a в інтервалі часу $3\pi a^3 \eta_0 / (k_B T)$. Якщо $a = 3$ мкм і $\eta_0 = 1$ П, розрахунковий час розпаду за кімнатної температури

становить приблизно 2 години. Таким чином, цей процес розпаду на частинки йде повільно і знижена в'язкість тримається протягом декількох годин, що досить довго для багатьох важливих застосувань. Після того, як всі агреговані частинки розпадаються, суспензія повертається до реологічного стану, що передувало впливу імпульсу магнітного поля. Таким чином, в'язкість повертається до початкового значення. Повторне застосування імпульсу магнітного поля буде знову зменшувати в'язкість. Процес можна повторювати [10, с. 2051].

Описані вище явища можна використовувати для покращення реологічних властивостей нафт, що мають високу в'язкість або виражені аномальні реологічні властивості. Зокрема, нафти Долинського родовища, що характеризується дуже високою в'язкістю і нестабільністю при незначних змінах температури. Це пояснюється тим, що дана нафта має дуже високий вміст (порівняно зі звичайною) парафінових частинок, що в свою чергу впливає на її транспортабельні властивості. Долинську високопарафіністу швидкозастигаючу нафту транспортують за допомогою методу перекачування з попереднім підігрівом [11, с. 49]. За високих температур (вищих за температуру застигання) дана нафта проявляє властивості ньютонівської рідини, що дає змогу проводити транспортування в режимі звичайного перекачування. Однак, по ходу траси нафтопроводу нафта охолоджується і в певній точці нафтопроводу температура досягає значення прояву аномальних властивостей. Під аномальними властивостями розуміють початок кристалізації парафінових частинок в більш крупні частини, що призводить до погіршення реологічних характеристик нафти. У цей момент нафту можна розглядати як суспензію, що складається з рідкої фази та дисперсної фази у вигляді частинок парафіну, на укрупнення та впорядкування яких можна вплинути, застосувавши магнітне поле відповідної величини H_c протягом часу τ .

Література

1. Einstein A. Ann. Phys. — 1905. — Ed. 17 (4). — 549 p.; 1906. — Ed. 19 (289). 371 p.
2. Colloidal Dispersion. Russel W.B., Saville D.A., Schowalter W.R. — Cambridge University Press: Cambridge, 1991. P. 456–503.
3. Batchelor G. K. J. Fluid Mech. 1977. P. 83, 97–117.
4. Mooney, M. J. Colloid Sci. 1951, 6, 162.
5. Krieger I. M. Tans. Soc. Rheol / Krieger I. M., Dougherty T. J. 1959. Ed. 3. P. 137–152.
6. Barnes H. A. An introduction to rheology / Barnes H. A., Hutton J. F., Walters K. — Elsevier: Amsterdam, 1989. P. 119–127.
7. Matsumoto S. J. Colloid, Interface Sci / Matsumoto S., Sherman P. 1969. Ed. 30. P. 525–536.
8. Thomas D. G. J. Colloid Sci. 1965. Ed. 20. P. 267–277.
9. Serge G. J. Fluid Mech / Serge G., Silbergberg A. 1951. Ed. 14. 86 p.
10. Reducing the Viscosity of Crude Oil by Pulsed Electric or Magnetic Field. Tao R., X. Xu / Energy & Fuels, 2006 (20). P. 2046–2051.
11. Аналіз ефективності впливу термообробки нафти на гідравлічні втрати в магістральному нафтопроводі. / Л. Д. Пилипів // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука», № 10 (50), 2т., 2018. С. 48–50.

УДК 66.047.75

Марчевський Віктор Миколайович

кандидат технічних наук, професор кафедри МАХНВ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Марчевский Виктор Николаевич

кандидат технических наук, профессор кафедры МАХНВ

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Marchevsky Victor

Philosophy Doctor of Technical Sciences, Professor

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ORCID: 0000-0001-6530-0467

Новохат Олег Анатолійович

кандидат технічних наук, старший викладач кафедри МАХНВ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Новохат Олег Анатолиевич

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры МАХНВ

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Novokhat Oleh

Philosophy Doctor of Technical Sciences, Senior Tutor

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ORCID: 0000-0002-1198-6675

Маргарян Артем Арманович

магістрант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Маргарян Артем Арманович

магистрант

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Margarian Artem

Master Student of the

National technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ORCID: 0000-0001-8138-9860

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЦЕОЛІТУ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЦЕОЛИТА
MODELING OF ZEOLITE DRYING PROCESS

Анотація. Об'єктом дослідження є процес сушіння цеоліту. Обґрунтовано фізичну модель процесу сушіння цеоліту. Складено та розв'язано математичну модель процесу сушіння цеоліту. Для розв'язання використано методи математичного аналізу та програмне забезпечення MathCAD. Виконано експерименти з дослідження кінетичних закономірностей процесу сушіння цеоліту з метою підтвердження адекватності математичної моделі. В якості дослідних зразків використано сипучий цеоліт фракції 0–1 мм. Сушіння відбувалось за товщини шару цеоліту, рівній 5 мм. За джерело теплової енергії використано сушильну камеру потужністю 850 Вт. Встановлено кінетичні закономірності процесу сушіння цеоліту. Визначено чисельні значення часу сушіння цеоліту в різних періодах сушіння. Згідно аналізу результатів дослідження процесу сушіння цеоліту встановлено, що кінетичні закономірності цього процесу подібні процесу сушіння капілярно-пористих тіл. Тривалість періодів сушіння залежить від густини теплового потоку і зменшується зі збільшенням густини теплового потоку. Також визначений вплив параметрів процесу сушіння на вологовміст в кінці першого періоду. Температура цеоліту в першому періоді сушіння не є постійною, а збільшується. Це свідчить про надлишок теплової енергії, що подається в цей період. Проведено перевірку адекватності математичної моделі шляхом розрахунку критерію Фішера та встановлено, що повторюваність результатів розв'язку математичної моделі процесу сушіння цеоліту становить 97%. Це дозволить розробити алгоритм розрахунку промислових сушарок, а також зменшити енерговитрати та час виробництва цеоліту в цілому. Отримані криві сушіння цеоліту дають змогу прогнозувати характер протікання процесу.

Ключові слова: фізична модель, математична модель, процес сушіння цеоліту.

Аннотация. Объектом исследования является процесс сушки цеолита. Обоснованно физическую модель процесса сушки цеолита. Составлена и решена математическая модель процесса сушки цеолита. Для решения использованы методы математического анализа и программное обеспечение MathCAD. Выполнены эксперименты по исследованию кинетических закономерностей процесса сушки цеолита с целью подтверждения адекватности математической модели. В качестве опытных образцов использовано сыпучий цеолит фракции 0–1 мм. Сушка происходила при толщине слоя цеолита, равной 5 мм. Источником тепловой энергии использовано сушильную камеру мощностью 850 Вт. Установлено кинетические закономерности процесса сушки цеолита. Определены численные значения времени сушки цеолита в разных периодах сушки. Согласно анализу результатов исследования процесса сушки цеолита установлено, что кинетические закономерности этого процесса подобны процессу сушки капиллярно-пористых тел. Продолжительность периодов сушки зависит от плотности теплового потока и уменьшается с увеличением плотности теплового потока. Также определено влияние параметров процесса сушки на влагосодержание в конце первого периода. Температура цеолита в первом периоде сушки не является постоянной, а увеличивается. Это свидетельствует об избытке тепловой энергии, подаваемой в этот период. Проведена проверка адекватности математической модели путем расчета критерия Фишера и установлено, что повторяемость результатов решения математической модели процесса сушки цеолита составляет 97%. Это позволит разработать алгоритм расчета промышленных сушилок, а также уменьшить энергозатраты и время производства цеолита в целом. Полученные кривые сушки цеолита позволяют прогнозировать характер протекания процесса.

Ключевые слова: физическая модель, математическая модель, процесс сушки цеолита.

Summary. The object of research is the zeolite drying process. The physical model of the zeolite drying process is substantiated. A mathematical model of the zeolite drying process was compiled and solved. To solve the mathematical model were used methods of mathematical analysis and software MathCAD. An experiment to study the kinetic regularities of the process of drying the zeolite was performed in order to confirm the adequacy of the mathematical model. As prototypes used bulk zeolite fraction of 0–1 mm. Drying occurred at a thickness of 5 mm of the zeolite layer. According to the source of thermal energy, a drying chamber of 850 W was used. The kinetic laws of the zeolite drying process have been established. The numerical values of the drying time of the zeolite in different periods of drying are determined. According to the analysis of the results of the study of the drying process of a zeolite, it was established that the kinetic regularities of this process are similar to the drying process of capillary-porous bodies. The duration of the drying periods depends on the heat flow density and decreases with increasing heat flow density. Also a certain influence of the drying process parameters on the moisture content at the end of the first period. The temperature of the zeolite in the first period of drying is not constant, but increases. This indicates an excess of thermal energy supplied during this period. The adequacy of the mathematical model was checked by calculating the Fisher criterion and the repeatability of the results was found; that the decoupling of the mathematical model of the zeolite drying process is 97%. It allows to develop an algorithm for calculating industrial dryers, generally reduce energy consumption and production time of the zeolite. The obtained curves of drying of the zeolite can predict the nature of the process.

Key words: physical model, mathematical model, zeolite drying process.

Постановка проблеми. Сушіння цеоліту є вкрай важливим, оскільки цеоліт — це матеріал, здатний поглинати як пари вологи, так і запахи, інертні гази, та інші речовини на рівні молекулярного сита. Визначальним процесом для отримання якісно-

го природного цеоліту є процес сушіння, оскільки в природному стані він містить вологу. Завдяки цьому значно розширюється поле можливостей використання цеоліту в якості наповнювача паперу і картону. Тому дослідження сушіння цеоліту

з метою отримання кінетичних закономірностей та основних параметрів процесу є актуальним.

Розвиток впровадження цеолітів йде швидкими темпами. Тому, для забезпечення великого попиту на тару і упаковку з цеолітом, потрібне всебічне вдосконалення застарілого обладнання та розроблення нового. Процес сушіння цеоліту досить енергоємний. Нагрівання цеоліту здійснюють шляхом конвективного теплообміну у псевдозрідженому шарі, теплоносієм, нагрітим до високих температур. Наукові методи розрахунку процесу сушіння цеоліту в літературі висвітлено недостатньо. Тому дослідження кінетики сушіння цеоліту та створення обґрунтованої методики розрахунку процесу є задачами актуальними.

Моделювання процесу

Рухійною силою процесу сушіння в першому періоді є різниця між тиском насиченої водяної пари в пограничному шарі на поверхні цеоліту та парціальним тиском пари в навколишньому середовищі, а в другому періоді сушіння — різниця між величинами поточного та кінцевого рівноважного вологовмісту [1].

Під час сушіння випаровування вологи може відбуватися не тільки з поверхні цеоліту, а й з більш глибоких шарів (рис. 1). Частинку цеоліту прийнято вважати сферичною радіусом R з урахуванням коефіцієнту форми, оскільки кристали цеоліту мають форму тетраедра. Частинка знаходиться під дією теплового навантаження від сушильного агента (повітря) тепловим потоком q . При цьому частинку умовно поділено на нескінченно малі шари починаючи від зовнішньої поверхні до центру. Це дозволяє скористатись сферичними координатами в представленні задачі. Таким чином вологовміст u і час сушіння зростатиме від зовнішньої поверхні до центру, а температура t навпаки спадатиме. Тому є доцільним дослідження процесу на зовнішній поверхні частинки — поверхні контакту фаз.

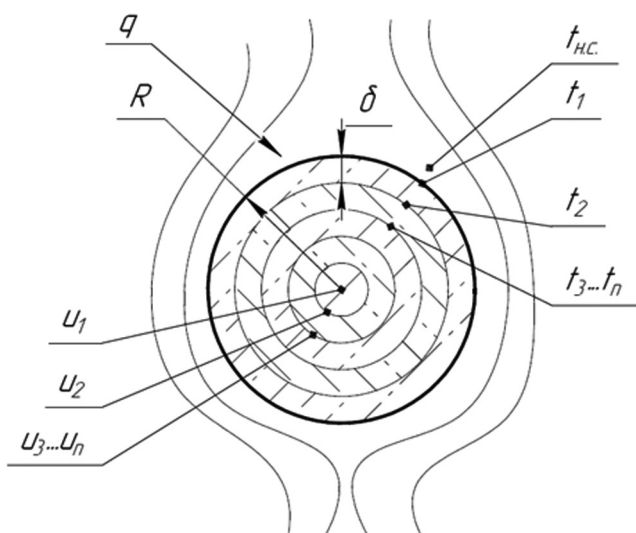


Рис. 1. Фізична модель процесу конвективного сушіння

У цеоліті, як капілярно-пористому тілі, знаходиться вільна волога, волога в капілярах та адсорбційно зв'язана волога. У першому періоді сушіння випаровується вільна волога, а швидкість процесу обмежена інтенсивністю теплового потоку. У другому періоді сушіння швидкість спочатку обмежена дифузійною вологою в зону випаровування (видалення вологи в капілярах), а під кінець сушіння лімітується руйнуванням адсорбційних зв'язків вологи з цеолітом та її випаровуванням.

До початку сушіння вологовміст та температура однакові по всьому радіусу цеоліту. Під час сушіння в поверхневих шарах, де найвища кількість поглинутої теплоти від нагрітого теплоносія, значення температури найбільше, а вологовміст найменший. Оскільки під час сушіння цеоліту тепловий потік зменшується по товщині частинки, то температура, відповідно, спадає, а вологовміст збільшується із рухом до центру частинки. В кінці сушіння вологовміст досягає рівноважного значення та вирівнюється [2].

Для того, щоб представити частинки у вигляді сферичних, потрібно враховувати характеристики дисперсних матеріалів. При розрахунку сушарок в режимі пневмотранспорту та зваженого стану дисперсного матеріалу, необхідно знати відносну швидкість висушуваного матеріалу та сушильного агента. Визначальний вплив на цей параметр здійснюють такі характеристики дисперсних матеріалів, як розмір і форма частинок, розподілення їх за гранулометричним складом, густина та структура.

Оскільки форма кристалів цеоліту — тетраедр, то щоб перейти до сферичної форми, потрібно враховувати характеристики дисперсних матеріалів. При розрахунку сушарок в режимі пневмотранспорту та зваженого стану дисперсного матеріалу, необхідно знати відносну швидкість висушуваного матеріалу та сушильного агента. Визначальний вплив на цей параметр здійснюють такі характеристики дисперсних матеріалів, як розмір і форма частинок, розподілення їх за гранулометричним складом, густина та структура.

У зв'язку з тим, що кристали цеоліту мають форму тетраедра, щоб звести їх форму до сферичної необхідно прийняти коефіцієнт форми $k_\phi = 0,67$ [3].

На основі фізичної моделі можна скласти математичну модель. Технологічний режим, обладнання для конвективного сушіння та спрощення конфігурації частинок цеоліту дають можливість розглядати цей процес як одновимірний в радіальному напрямку сферичного тіла.

Математична модель даного процесу для сферичних частинок включає рівняння теплопровідності та кінетики сушіння [4]:

$$\begin{cases} c\rho_u \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \cdot k_\phi \left(\frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \cdot \frac{\partial T}{\partial R} \right) - \rho_u r \frac{\partial u}{\partial \tau}, \\ \frac{\partial u}{\partial \tau} = \beta F(p_n - p_n) + k(u - u_p) \end{cases} \quad (1)$$

де c — приведена питома теплоємність вологого цеоліту, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; ρ_u — густина абсолютно сухого цеоліту, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $\frac{\partial T}{\partial \tau}$ — швидкість зміни температури, $\frac{\text{К}}{\text{с}}$; k_ϕ — коефіцієнт форми; λ — коефіцієнт теплопровідності цеоліту $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; $\frac{\partial T}{\partial R}$ — градієнт температур, $\frac{\text{К}}{\text{м}}$; $\frac{\partial^2 T}{\partial R^2}$ — швидкість зміни градієнту температур $\frac{\text{К}}{\text{м}^2}$; r — питома теплота пароутворення, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$; $\frac{\partial u}{\partial \tau}$ — швидкість сушіння цеоліту, с^{-1} ; β — коефіцієнт вологовіддачі, $\frac{1}{\text{м}^2 \cdot \text{Па} \cdot \text{с}}$;

верхня контакту фаз, м^2 ; p_n — тиск насичення на поверхні частинок цеоліту, Па; p_n — парціальний тиск пари в теплоносії, Па; k — константа швидкості сушіння в другому періоді, с^{-1} , u — вологовміст цеоліту, кг/кг ; u_p — рівноважний вологовміст, кг/кг .

Граничні умови процесу (третього роду):

$$-\alpha(T_{\text{н.с.}} - T_1) = \frac{\lambda_1}{\delta}(T_1 - T_2), \quad (2)$$

де α — коефіцієнт тепловіддачі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; $T_{\text{н.с.}}$ — температура теплоносія, К; T_1 — температура зовнішньої поверхні цеоліту, К; λ_1 — коефіцієнт теплопровідності першого шару цеоліту, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;

δ — товщина одного шару, м; T_2 — температура цеоліту на відстані δ від зовнішньої поверхні частинки цеоліту.

Початкові умови:

$$T = T_0; u = u_0; \tau = 0. \quad (3)$$

Співвідношення парціального тиску пари до тиску насичення дорівнює відносній вологості:

$$\varphi = \frac{p_n}{p_n}. \quad (4)$$

Тоді парціальний тиск пари можна визначити завдяки співвідношенню:

$$p_n = \varphi \cdot p_n. \quad (5)$$

При цьому, використання системи рівнянь математичної моделі (1) для розрахунку промислових апаратів не може бути використано, якщо коефіцієнти переносу представлені у вигляді констант. Таким чином, щоб зробити коректним використання математичної моделі слід врахувати фактори, які впливають як на початкові дані, так і на коефіцієнти переносу.

Питома теплоємність вологого матеріалу залежить як від температури, так і від вологовмісту, який змінюється з часом [5].

З використанням залежності питомої теплоємності води від температури, оскільки питома теплоємність цеоліту змінюється значно менше ніж у води [6], її можна прийняти постійною, можна розрахувати питому теплоємність вологого матеріалу в залежності від вологовмісту, який змінюється за часом, за формулою:

$$c(u(\tau)) = c_w(T) \frac{u(\tau)}{1 + u(\tau)} + c_z \frac{1}{1 + u(\tau)}, \quad (6)$$

де $c_w(T)$ — питома теплоємність води в залежності від температури $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; $u(\tau)$ — вологовміст цеоліту в залежності від часу $\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$; c_z — питома теплоємність цеоліту $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

Коефіцієнт теплопровідності вологого цеоліту також залежить як від температури, так і від вологовмісту, що змінюється за часом [7].

Аналогічно до питомої теплоємності, коефіцієнт теплопровідності вологого цеоліту можна розрахувати за формулою:

$$\lambda(u(\tau)) = \lambda_w(T) \frac{u(\tau)}{1 + u(\tau)} + \lambda_z \frac{1}{1 + u(\tau)}, \quad (7)$$

де $\lambda_w(T)$ — коефіцієнт теплопровідності води в залежності від температури $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; λ_z — коефіцієнт теплопровідності цеоліту $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

Також слід враховувати рівноважний вологовміст при сушінні (десорбції) в залежності від відносної вологості цеоліту [8]. За допомогою цієї залежності можна визначити рівноважний вологовміст в залежності від відносної вологості сушильного агента.

Для розв'язання математичної моделі було використано метод сіток для знаходження функції температури від часу і радіусу (2 змінні), та метод скінченних різниць для знаходження функції вологовмісту за часом. Ці методи було реалізовано в MathCAD.

За отриманими даними побудовано графічні залежності вологовмісту цеоліту фракції до 1 мм від часу сушіння (рис. 2), а також температури зовнішньої поверхні частинок цеоліту (рис. 3).

Аналіз кривих на рисунках 2 та 3 показує, що розподілення періодів сушіння співпадає за часом. Для того, щоб коректно виконати розв'язок математичної моделі, криву сушіння необхідно розділити, як кусково-задану функцію. При цьому, слід зауважити, що функції мають бути кусково-гладкими (диференційовними) та монотонними (приріст не

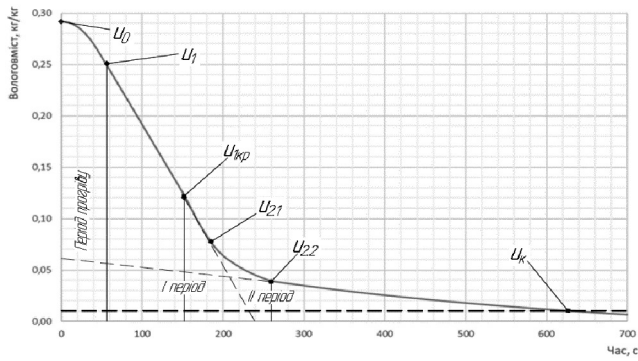


Рис. 2. Теоретична залежність вологовмісту від часу сушіння

змінює знаку). Для цього необхідно визначити характерні точки, в яких функція буде переходити з одного відрізка на інший. Таким чином можна буде програмно реалізувати умови переходу. Залежність вологовмісту (рис. 2) має характерні точки, які було визначено експериментально: u_0 — початкова точка прогріву; u_1 — початок 1-го періоду сушіння; $u_{кр}$ — точка початку сповільнення швидкості сушіння (точка перегибу); $u_{2.1}$ — умовно початок 2-го періоду сушіння; $u_{2.2}$ — точка закінчення сповільнення швидкості сушіння (точка перегибу); u_k — точка кінцевого вологовмісту ($w = 1\%$, $u_k = 0,01 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$).

Цим точкам на рисунку відповідають аналогічні точки на температурній кривій (рис. 3).

На відрізку $u_0 u_1$ функція змінюється як від'ємна парабола з вершиною в точці u_0 , та дотична в точці u_1 до прямої.

На відрізку $u_1 u_{кр}$ функція від'ємно лінійна та проходить через точки u_1 та $u_{кр}$, завдяки чому можна визначити коефіцієнт β як тангенс кута нахилу прямої:

$$\beta = \frac{\text{tg } \alpha}{F(p_s - p_n)}; \quad (8)$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{u_1 - u_{кр}}{\tau_{кр} - \tau_1}, \quad (9)$$

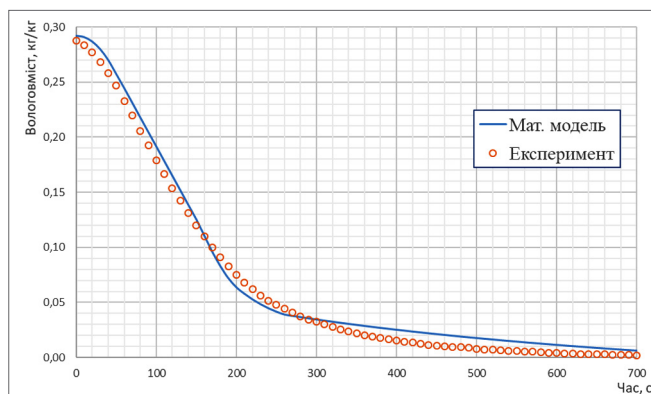


Рис. 4. Теоретична та експериментальна залежності вологовмісту від часу сушіння

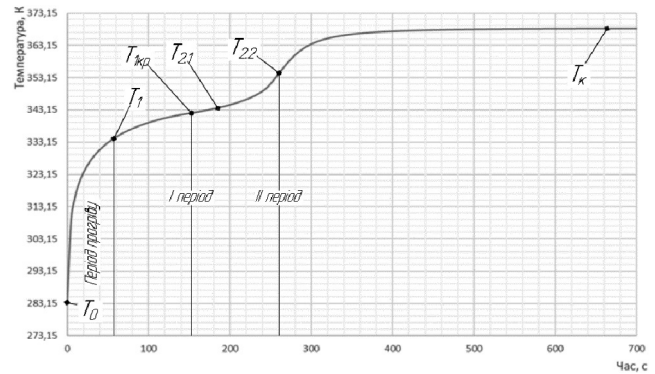


Рис. 3. Залежність температури зовнішньої поверхні цеоліту від часу сушіння

На цьому відрізку видаляється вільна волога з поверхні цеоліту, а швидкість процесу обмежена інтенсивністю теплового потоку.

На відрізку $u_{кр} u_{2.2}$ функція додатньо параболічна, що проходить через точки $u_{кр}$ і $u_{2.2}$ та має дотичні прямі з першого та другого періодів сушіння в цих точках відповідно. Цю зону можна назвати перехідною зоною з 1-го в 2-гий період сушіння. Точка $u_{2.1}$ знаходиться умовно на цьому проміжку.

Останній відрізок від точки $u_{2.2}$ до кінцевої u_k наближено представлений від'ємно лінійною функцією, коефіцієнт k якої знаходиться аналогічно 1-му періоду сушіння. На цьому відрізку видаляється адсорбційно зв'язана волога, та після точки u_k починає видалятися кристалогідратна волога.

На температурній кривій відрізок $T_0 T_{кр}$ характеризується швидким ростом температури. На відрізку $T_{кр} T_{1-2}$ швидкість росту температури відносно меншає, та на відрізку $T_{1-2} T_{2-1}$ ступінчато зростає, а на відрізку від точки T_{2-1} до T_k поступово зупиняє ріст.

Перевірка адекватності математичної моделі

Як видно на рисунках 4 та 5 експериментальні криві вологовмісту та температури зовнішньої поверхні цеоліту змінюються аналогічно розв'язку математичної моделі.

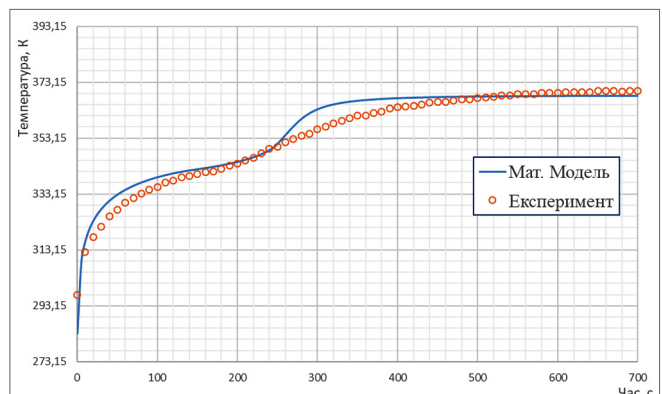


Рис. 5. Теоретична та експериментальна залежності температури цеоліту від часу сушіння

Перший період сушіння та період прогріву порівняно малі відносно другого періоду, що пояснюється швидким видаленням поверхневої вологи в першому періоді сушіння, та повільною дифузією вологи в зону випаровування. При цьому зміна температури показує, що зона поверхні співпадає із зовнішньою поверхнею цеоліту.

Також перевірено адекватність математичної моделі за допомогою критерію Фішера. Вірогідність

повторюваності результатів математичної моделі становить 97%.

Висновки. Визначено кінетичні закономірності процесу сушіння цеоліту та перевірено адекватність математичної моделі за допомогою критерію Фішера із вірогідністю повторюваності 97%

Література

1. Лыков А. В., Теория сушки, М.: Энергия, 1968. 472 с., ил.
2. Karavatskii A., Marhesky V. and Novokhat O. Numerical modeling of physical fields in the process of drying of paper for corrugating by the infrared radiation // Eastern-European journal of enterprise technologies, 2017. Vol. 2. No. 5(86). Pp. 14–22.
3. Муштаев В. И., Ульянов В. М. и Тимонин А. С., Сушка в условиях пневмотранспорта, М.: Химия, 1984. — 232 с., ил.
4. Фролов В. Ф., Моделирование сушки дисперсных материалов, Л.: Химия, 1987. — 208 с., ил.
5. Water — Heat Capacity (Specific Heat) // Engineering ToolBox, 2004. URL: <https://www.engineeringtoolbox.com/>. [Дата звернення: 15 травня 2019].
6. Sondre Kvalvåg Schnell, Molecular Simulations of Zeolites: Heterogeneous Systems at Equilibrium and Non-Equilibrium, Kristiansund: CPI-Wöhrmann Print Service — Zutphen, 2013.
7. Chaplin Martin Explanation of the Thermodynamic Anomalies of Water. URL: <http://www1.lsbu.ac.uk>. [Дата звернення: 15 травня 2019].
8. Hongyu Huang, Seiya Ito, Fujio Watanabe, Masanobu Hasatani and Noriyuki Kobayashi Microwave Irradiation Effect in Water-vapor Desorption from Zeolites. July 2011. URL: <https://www.researchgate.net/>. [Accessed 15 травня 2019].

УДК 69.05

Несевря Павел Иванович

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры технология строительного производства
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

Несевря Павло Іванович

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології будівельного виробництва
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

Nesevrya Pavel

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Senior Lecturer of Faculty Technology of Building Manufacture
Pridneprovskaya State Academy Construction and Architecture*

Наумов Владислав Александрович

*студент направления магистр-ученый
Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры*

Наумов Владислав Олександрович

*студент напрямку магістр-вчений
Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*

Naumov Vladyslav

*Student, Master-Scientist of the
Pridneprovskaya State Academy Construction and Architecture*

Долотий Марина Анатольевна

*ассистент кафедры технологии строительного производства
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

Долотій Марина Анатоліївна

*асистент кафедри технології будівельного виробництва
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

Doloti Marina

*Assistant of the Department of Building Technology Structures
Pridneprovskaya State Academy Construction and Architecture*

DOI: 10.25313/2520-2057-2019-8-4976

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ДЕМОНТАЖА ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

ОСНОВНІ МЕТОДИ І ОСОБЛИВОСТІ ДЕМОНТАЖУ БУДІВЕЛЬ ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ

BASIC METHODS AND FEATURES OF DISMANTLING HIGH-RISE BUILDINGS

Аннотация. В данной статье на примере здания повышенной этажности описываются пути и решения, принимаемые при демонтаже похожих объектов. Приведена укрупненная последовательность подготовительных, основных и заключительных работ при сносе здания повышенной высотности. На локальном примере (здание по адресу г. Днепр, улица Гавриленко 10) приведено по каким критериям выполняется подбор той или иной технологии выполнения работ, механизма и способа.

Ключевые слова: демонтаж, снос, здания повышенной этажности, механизмы.

Анотация. У даній статті на прикладі будівлі підвищеної поверховості описуються шляхи і рішення, що приймаються при демонтажі схожих об'єктів. Наведено укрупнену послідовність підготовчих, основних і заключних робіт при знесенні будівлі підвищеної висотності. На локальному прикладі (будівля за адресою м. Дніпро вулиця Гавриленко 10) наведено за якими критеріями виконується підбір тієї чи іншої технології виконання робіт, механізму і способу.

Ключові слова: демонтаж, знесення, будівлі підвищеної поверховості, механізми.

Summary. In this article, on the example of a high-rise building described the ways and decisions taken during the dismantling of such objects. The article describes the sequence of prepared, main and final works during the demolition of buildings. On the local example I tried to describe, from what depends the choice of this or that technology of work performance, mechanism and method.

Key words: dismantling, demolition, high-rise building, mechanism.

Постановка проблемы. На данный момент на территории Украины не существует нормативных документов, которые описывают технологию выполнения демонтажа зданий повышенной высотности с достаточной эффективностью и экономией.

Анализ последних исследований и публикаций. Специалисты, занимающиеся темой демонтажа и сноса: Андре Томсон, Фрэнк Шультманн, Никлаус Колер [1], Правин Хандве [2], Марк Дакетт [3], Hannah Wood [4].

Формирование целей (постановка задания). На примере собственного и мирового опыта по ведению демонтажных работ представить организационные и технологические решения по выполнению данного процесса на конкретном локальном примере.

Текст статьи.

Введение. Учитывая темпы роста застройки, мы наблюдаем нехватку городского пространства. По данным министерства регионального развития [5], строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины объемы строительства за 2018 год выросли на 6,5% процента по сравнению с 2017 г., а за 2017 на 20% по сравнению с 2016 г. В разрезе регионов лидерами по объему выполнения строительных работ стали Одесская область (11,8 млрд. грн.), Днепропетровская область (10 млрд. грн.) и г. Киев (22,7 млрд. грн.). При таком увеличении объемов просто необходимо планирование застройки и освобождение места под новое строительство. Еще один немаловажный фактор, о котором и пойдет далее речь — это демонтаж аварийных зданий и сооружений.

1. История и описание объекта.

Согласно классификации приведенной в [6] зданием повышенной этажности считается здание от 26 м до 47 м (как правило, до 16-ти этажей). Объект исследования-здания имеет высоту 43 м. Жилой дом

находился по адресу г. Днепр, улица Гавриленко 10, вблизи Рыбальской балки. Дом был сдан в эксплуатацию в 1986 году, но уже в 1996 после оползня произошла просадка грунта и всех жителей отселили.

Здание пришло в непригодное для жилья состояние и после проведения экспертизы, дому была присвоена 4 категория по техническому состоянию, согласно [7].



Рис. 1. Фото аварийного здания

Объект демонтажа — жилой дом представляет собой:

- 14-ти этажный аварийный нежилой дом (высота 43м от пола 1-го этажа);
- высота цокольного этажа 2,4м, высота типового этажа 2,885м;
- несущие конструкции (стены) из силикатного кирпича;
- конструкционная схема здания — бескаркасная, с поперечными несущими стенами;
- перекрытия — сборные железобетонные круглопустотные плиты;
- фундамент — на сваях;
- внутренние сети и коммуникации в здании на период демонтажных работ отсутствуют.

По всей высоте здания по торцу пошли 2 трещины со стороны ул. Нахимова. Выполнив геодезические изыскания, было определено, что крен дома в сторону Рыбальской балки составил порядка 1,5м.

2. Проблематика и задачи.

Особенности влияющие на процесс проведения демонтажных работ для этого объекта можно свести к следующим группам факторов.

1. Организационно-технологические факторы.

1.1. Работы в стеснённых условиях.

В непосредственной близости к зданию находилась средняя общеобразовательная школа № 75 и жилые дома.

1.2. Наличие коммуникаций в зоне выполнения работ.

Хотя все коммуникации и сети были отключены при отселении жителей еще в 1996, на территории площадки выполнения работ находилось два канализационных колодца, а также заброшенные сети, необозначенные на съёмке площадки, что могло привести к карстованию и обвалу при неправильной расстановке техники и оборудования.

2. Геологический фактор — здание расположено на склоне Рыбальской балки.

Со стороны Рыбальской балки в следствии селевых процессов произошло значительное оползание грунта в балку.

3. Конструктивный фактор — Значительный крен здания.

Поскольку крен здания составлял 1,5 м, что во много раз превышает нормативные показатели, приведенные в [8]. От падения и преждевременного обрушения здание удерживали лишь висячие сваи, осадка со стороны балки составила порядка 1м.

Главной задачей являлось: подобрать технологию выполнения работ, организовать площадку

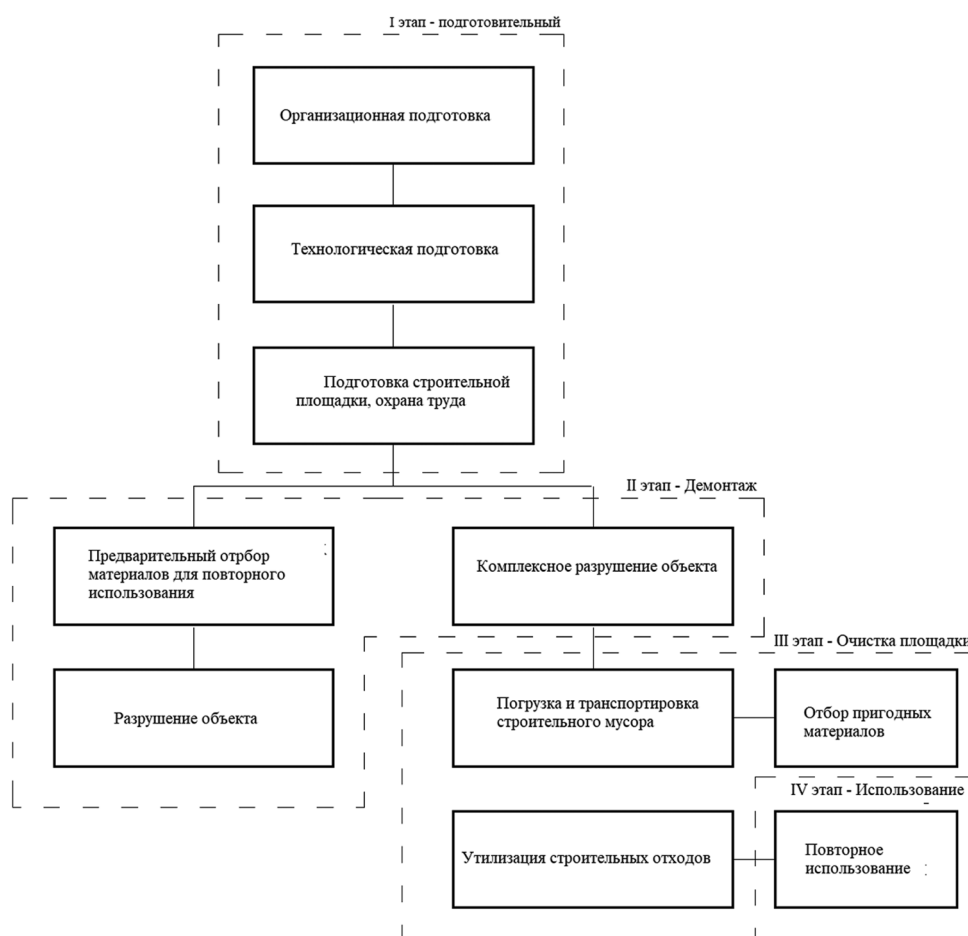


Рис. 2. Этапы проведения демонтажных работ

выполнения работ для безопасного демонтажа, а также ускорение процесса демонтажа.

4. Архитектурный фактор — Значительная высота здания.

Высота здания составляет 43 м от 1-го этажа здания, но из-за просадок и селей здание «обнажилось» до ростверка и разница отметок в сравнении с дорогой, проходящей по ул. Нахимова составляет 5,5 м, фактическая высота здания составляет 48 м.

3. Методы, последовательность и главные принципы, используемые при демонтаже.

Перед описанием конкретных решений необходимо обозначить порядок выполнения демонтажных работ в городских условиях (рис.2).

1. Организационная подготовка

До начала работ по демонтажу подготавливаются юридические документы:

- договор между подрядчиком и заказчиком на выполнение работ (при необходимости);
- подписывается акт передачи площадки;
- акт на нарушения благоустройства;
- совместно с Управлением дорожного движения разрабатывается проект организации дорожного движения на период производства работ (при необходимости);

2. Технологическая подготовка

Перед выполнением работ разрабатываются следующие технические документы:

- различные заключения с разных инстанций (их перечень зависит от наличия коммуникаций на площадке демонтажа);
- проект производства работ;
- проекты временного усиления конструкций (при необходимости).

3. Подготовка строительной площадки

До начала производства работ (при необходимости) выполняется полное отключение всех действующих коммуникаций. Также проводится обследование конструкций на пригодность повторного использования. Далее данные конструкции отбираются из общего массива до выполнения сноса здания. Также определяются возможные опасные факторы для последующего их предотвращения.

4. Демонтажные работы

Работы по демонтажу, как правило, начинают с внутренней части здания, особое внимание, уделяя несущим конструкциям. Параллельно демонтажу организовывается вывоз строительного мусора за пределы площадки. В стесненных условиях города необходимо уделить внимание подбору технологии демонтажа. В условиях городской застройки существуют ограничения по допустимому уровню шума, запыленности, вибрации, организации транспортных потоков вывоза отходов и подвоза механизмов и конструкций.

5. Очистка площадки

После завершения демонтажа здания и параллельного процесса вывоза и утилизации строитель-

ных отходов необходимо выполнить благоустройство территории. В условиях города это может быть, как превращение площадки выполнения работ в полноценную рекреационную зону, так и подготовка территории под новое строительство.

Рассмотрим основные технологии демонтажа [9–10]:

1. *Ручной способ* разборки или разрушения является наиболее трудоемким. Он осуществляется с использованием ручного инструмента, ломов, клиньев, кувалд, кирок, скарпелей и прочих инструментов, а также газо-резательных установок. Этот способ применяют при небольших объемах работ или в случаях, когда другие способы не могут быть использованы.

2. *Полумеханизированный способ* основан на применении пневматического и электрифицированного инструмента: отбойных молотков, лопат-ломов, пневматических бетоноломов, механических пил, лебедок, домкратов и др. Способ имеет широкое распространение. Однако он трудоемкий, дорогой, к тому же производство работ сопровождается большим шумом и выделением пыли.

3. *Механизированный способ*, при котором работы выполняют с помощью машин и механизмов. Наибольшее распространение получил метод ударного разрушения конструкций шар — или клин — молотом, подвешиваемых на тросах к стреле самоходного крана или экскаватора. Для обрушения отдельно стоящих конструкций или участков зданий, отсеченных от их основной части, применяют тракторы или бульдозеры: конструкции в верхней части предварительно обвязывают стальными тросами, привязывают к механизмам и тянут до опрокидывания и разрушения. При этом угол подъема троса по отношению к горизонту должен быть не более 20°. Бульдозеры используют также для перемещения и окучивания строительного лома и мусора. По сравнению с полумеханизированным, данный способ более производителен и рационален при разборке старых зданий и сооружений.

4. *Взрывной способ* основан на использовании энергии взрыва. Для разрушения зданий применяют шпуровые заряды взрывчатого вещества, которые располагают на одном уровне в основании здания по его периметру (не ниже 0,5 м от поверхности земли), образуя, таким образом, сплошной подбой. В результате взрыва здание разрушается и оседает на свое основание. Перед взрывом здание должно быть освобождено от всех деревянных конструктивных элементов (стропила, перекрытия, перегородки, полы, двери, окна и др.). Бетонные и железобетонные конструкции взрывают на дробление. В зависимости от размеров конструкций и сооружений применяют накладные, шпуровые, скважинные или камерные заряды. Взрывной способ наименее трудоемкий и наиболее экономичный.

5. *Комбинированный способ* чаще всего применяют при разборке или разрушении зданий, сооруже-

ний, отдельных конструкций. Одни конструктивные элементы разбираются ручным способом, другие механизированным, третьи взрывным и т.д.

4. Пути решения проблем и поставленных задач.

Рассмотрим каждую из проблем и определим необходимую технологию выполнения работ.

1. Работы в стеснённых условиях.

На рис. 3 показано расположение демонтируемого здания. С одной стороны, находится Рыбальская балка, а с другой на относительно небольшом участке — школа и жилые дома. При данном расположении использования *взрывного* и *механизированного (ударного)* способа не представляется возможным из-за последующего разлета осколков.

При данных обстоятельствах возможно применение только *ручного и полумеханизированного способа* с применением специализированных роботов-разрушителей (пример показан на рис. 4). Данные механизмы имеют довольно небольшую массу от 1 до 2т, что позволяет выполнять работы на перекрытии демонтируемого здания.

2. Здание расположено на склоне Рыбальской балки.

Учитывая данный факт выполнение работы при помощи самоходного (автомобильного, гусеничного) крана не представлялось возможным. При демонтажных работах данная технология обычно предпочтительнее с точки зрения технологичности и скорости.

3. Наличие коммуникаций в зоне выполнения работ.

Это еще раз подтверждает невозможность использования самоходных подъемных кранов, передвижение возможно лишь вдоль ул. Нахимова. Это означает, что необходимо применять башенный кран с крановыми путями параллельно ул. Нахимова.

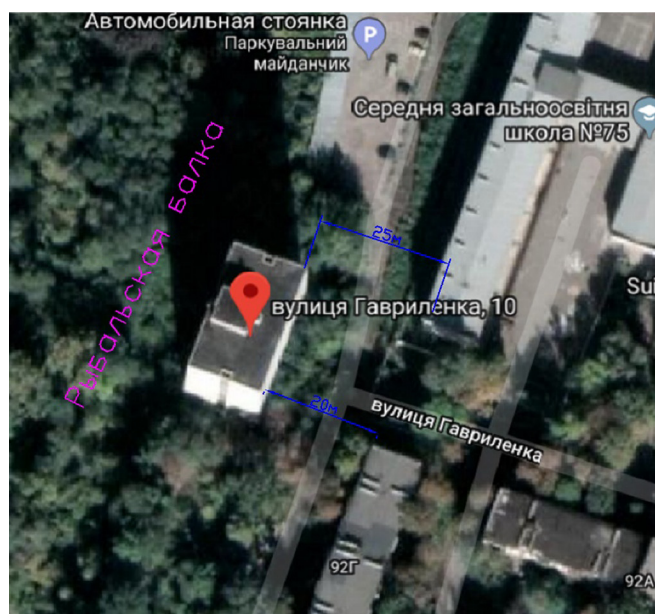


Рис. 3. Схема расположения аварийного здания

4. Значительный крен здания.

При работе башенного крана на высоте более 35–40 м (в зависимости от модели) необходимо устраивать его крепления к зданию (пристегку). В данном случае крепление крана к зданию невозможно, поскольку здание считается не устойчивым. Одной из особенностей башенного крана с маховой стрелой является неподвижность крюковой подвески, а отдаление или приближение крюка выполняется при помощи поворота крана и подъема опускания всей стрелы. Поэтому необходимо предусмотреть движение. С целью предотвратить дополнительную нагрузку на демонтируемое здание, а также выбрать необходимые параметры башенного крана целесообразнее всего применять башенный кран с маховой стрелой, пример показан на рис. 5.

5. Значительная высота здания.

Одной из особенностей башенного крана с маховой стрелой является неподвижность крюковой подвески, а отдаление или приближение крюка выполняется при помощи поворота крана и подъема опускания всей стрелы, что создает большие моменты в основании крана. При большой высоте подъема крюка и не возможности крепления крана к зданию, необходимо рассматривать модели кранов с широким расстоянием между рельсами — 7.5 м для повышения устойчивости и восприятия действующих моментов.

Еще одна проблема, возникающая после решения всех данных — это время, затрачиваемое на выполнение демонтажных работ.

Поэлементная разборка — очень длительный процесс, а использование роботов-разрушителей и иных механизмов, как правило, ускоряют процесс. Но максимальной производительности при демонтаже возможно достичь лишь с использованием экскаваторов с удлинённой стрелой (пример



Рис. 4. Робот-разрушитель на гусеничном ходу



Рис. 5. Башенный кран с подъемной маховой стрелой



Рис. 6. Экскаватор с удлиненной стрелой с навесным оборудованием — гидромолотом (справа), экскаватор с обычной стрелой (слева)

показан на рис. 6). Как правило, эти экскаваторы на гусеничном ходу и имеют гидравлический привод, а отличаются они от стандартных моделей специализированной удлиненной стрелой достигающей 35 м. При демонтажных работах данные экскаваторы работают с навесным оборудованием — гидромолотом или гидромолотами.

Выводы. На основании анализа факторов, характеризующих технологический процесс (подбор используемых строительных механизмов, разработка схем выполнения работ, влияние внешних факторов) разработаны приближенные рекомендации по

организации технологического процесса при демонтировании зданий повышенной высотности на примере дома по ул. Гавриленко 10 г. Днепр. Примененные технологии упрощения и автоматизации ведения работ, такие как: демонтаж при помощи роботов-разрушителей и экскаваторов с удлиненной стрелой позволило сократить сроки выполнения работ с 1 года до 7 месяцев, а также позволило достичь экономического эффекта более 2 млн. грн. для бюджета города Днепра (Заказчиком данных работ являлся Департамент благоустройства и инфраструктуры Днепровского городского совета).

Литература

1. URL: <https://www.ukrinform.ru/rubric-economy/2587728-v-ukraine-obemy-stroitelstva-v-etom-godu-vyrosli-na-64-minregion.html> (дата звернення 26.04.2019 р).
2. Андре Томсен, Фрэнк Шультманн и Никлаус Колер Деконструкция, снос и демонтаж. URL: <https://doi.org/10.1080/09613218.2011.585785>, 30 июня 2011 — 5 с.
3. Рати, Швета и Хандве, Правин Снос зданий — обзор // Международный журнал по передовым разработкам и исследованиям (IJAERD) ISSN: 2348-4470, 2014. — 8 с.
4. Марк Дакетт «Снос зданий», Экспертная статья. URL: <https://www.robsonforensic.com/articles/building-demolition-expert-article>) 8 мая 2013 — 1 с.
5. Ханна Вуд «Восстановленные здания: как спроектировать здание для разборки». URL: <https://archinect.com/features/article/150067785/recycled-buildings-how-to-design-for-disassembly>, 6 июня 2018.
6. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежена безпека об'єктів будівництва» затверджено указом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 31.10.2016 р. № 287. — Мінрегіонбуд, 2017 — 41 с.
7. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 02.07.2016 р. № 213 — К.: Мінрегіонбуд, 2010. — 43 с.
8. СНиП 2.01.07-85. «Нагрузки и воздействия» (Дополнения. Разд. 10. Прогнбы и перемещения) / Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. — 8 с.
9. Корт Д. Организация работ по сносу зданий / Д. Корт. — М.: Стройиздат, 1985. — 168 с.
10. Асаул А. Н., Казаков Ю. Н., Ипанов В. И. «Реконструкция и реставрация объектов недвижимости». Учебник под редакцией д.т.н., профессора А.Н.

УДК 681.51

Репнікова Наталія Борисівна

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматики та управління в технічних системах
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Репникова Наталия Борисовна

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры автоматики и управления в технических системах
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Repnikova Natalya

*PhD, Associate Professor
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Бердник Юрій Михайлович

*студент
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Бердник Юрий Михайлович

*студент
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Berdnyk Yurii

*Student of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

DOI: 10.25313/2520-2057-2019-8-4986

РОЗВИТОК МОЖЛИВОСТЕЙ СИНТЕЗУ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ НА БАЗІ ФУНКЦІЙ ЛЯПУНОВА

РАЗВИТИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИНТЕЗА АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ ЛЯПУНОВА

DEVELOPMENT OF SYNTHESIS OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS BASED ON LYAPUNOV FUNCTIONS

Анотація. Розглядається проблема забезпечення швидкої збіжності процесу в адаптивній системі з еталонною моделлю. Щоб вирішити цю проблему, пропонується використовувати два етапи адаптації. По-перше, адаптація до зміни параметрів об'єкта керування, по-друге — адаптації до характеристик еталонної моделі, за рахунок використання ПІД контролерів. Застосування функцій Ляпунова забезпечує досліджуваній системі стійкий коридор функціонування. Приведені результати моделювання адаптивних систем в широкому діапазоні зміни параметрів об'єкту керування.

Ключові слова: система керування, адаптивна система, функції Ляпунова, ПІД-контролер, еталонна модель.

Аннотация. Рассматривается проблема обеспечения быстрой сходимости процесса в адаптивной системе с эталонной моделью. Для решения проблемы предлагается использование двух этапов адаптации. На первом — адаптация

к изменяющимся параметрам объекта управления, на втором адаптация к характеристикам эталонной модели, путем использования ПИД-контроллеров. Применение функций Ляпунова обеспечивает исследуемой системе устойчивый коридор функционирования. Приведены результаты моделирования адаптивных систем в широком диапазоне изменения параметров объекта управления.

Ключевые слова: система управления, адаптивная система, функции Ляпунова, ПИД-контроллер, эталонная модель.

Summary. It is considered the problem of ensuring the rapid convergence of the process in the adaptive system with the reference model. To solve this problem, it is proposed to use two stages of adaptation. Firstly, the adaptation to the change in object of control parameters, and secondly – adaptation to the characteristics of the reference model, due to usage of PID controllers. The application of Lyapunov functions provide for the investigating system the stable functioning corridor. Are given the results of adaptive systems simulation in a wide range of changes the parameters of the control object.

Key words: control systems, adaptive systems, Lyapunov functions, PID controllers, reference model.

Вступ. Багато сучасних підходів до синтезу систем керування особливу увагу приділяють тому факту, що в процесі експлуатації реальних систем можуть змінюватись параметри і структура об'єкта керування або середовище, в якому працює система. Інженери, перед якими стоять задачі проектування високоякісних систем, в умовах невизначеності використовують методи та підходи синтезу робастних чи адаптивних систем.

Як відомо, адаптивні системи керування визначають закон керування на основі аналізу поведінки об'єкта при зміні його характеристик і збурень, що діють на нього [1]. Існує цілий ряд методів синтезу алгоритмів адаптації параметрів [2–3]. Деякі з них прості у реалізації, але при цьому можуть бути стійкими тільки при незначній зміні параметрів. Більше того, оскільки при побудові адаптивних систем її структура виходить нелінійною, вирішувати задачу стійкості буває досить складно. Розглянутий в [4] метод синтезу адаптивної системи з еталонною моделлю використовує функції Ляпунова для визначення алгоритму корекції керуючого впливу, чим забезпечує стійкість досліджуваної системи.

У роботі [4] описано алгоритм синтезу адаптивних систем з використанням пропорційних регуляторів для забезпечення в системі бажаної якості. Однак,

модельовання показало, що запропонований в [4] метод забезпечує якість перехідних процесів закладену в моделі тільки при незначній зміні коефіцієнта підсилення об'єкта керування.

Таким чином, аналіз опублікованих матеріалів дозволяє виділити наступний напрямок подальших досліджень, а саме розвиток можливостей синтезу адаптивних систем керування, які забезпечують швидку збіжність процесу в адаптивній системі з еталонною моделлю.

Основна частина. Як відомо, загальна структурна схема адаптивної системи має вид, який представлено на Рис. 1.

При зміні параметрів об'єкта керування контур самонастроювання з еталонною моделлю настраює параметри регулятора так, що динамічні характеристики всієї системи залишаються незмінними та близькими до характеристик еталонної моделі. Таким чином ціль адаптації описується як

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} (y_m(t) - y_o(t)) = 0,$$

де $y_m(t)$ — вихід моделі; $y_o(t)$ — вихід об'єкта.

Для реалізації алгоритму роботи контура самонастроювання будується додатно визначена функція Ляпунова, яка забезпечує алгоритм зміни параметрів регулятора за виразом [1]:

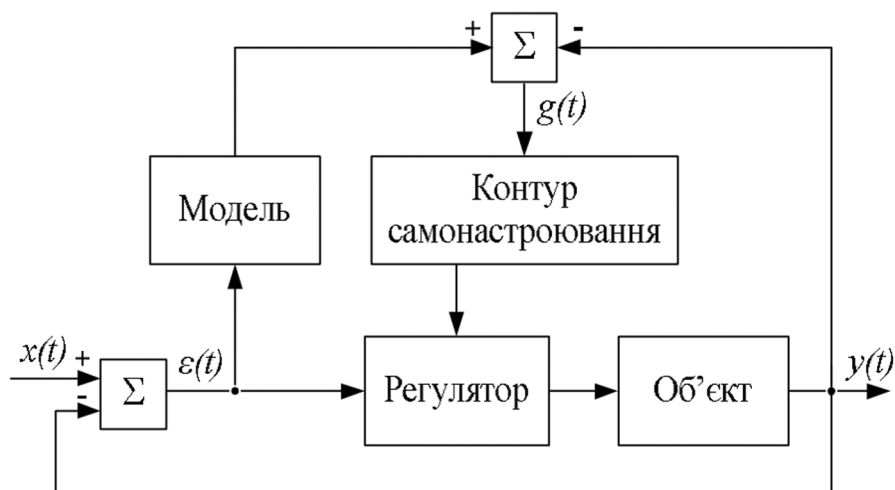


Рис. 1. Структурна схема адаптивної системи

$$a = \frac{1}{k_o} \int g_2(t) \varepsilon(t) dt,$$

де a — параметр регулятора;

$g(t)$ — сигнал непогодження;

$\varepsilon(t)$ — помилка керування;

k_o — змінний коефіцієнт підсилення об'єкту керування.

У даній роботі, алгоритм синтезу, який запропоновано у [4] удосконалюється у двох напрямках. По-перше, використовується ПІД-контролер у прямому каналі керування для забезпечення швидкої збіжності процесу адаптації змінних характеристик об'єкту керування до характеристик моделі. При проведенні розрахунків контролерів можна використовувати, як мінімізацію оцінки ІТАЕ (англ.), так і інші методи,

при яких спостерігається адаптація на кінцевому проміжку часу. По-друге, використання такого підходу дозволило розширити різноманітність структур об'єктів керування, мається на увазі виконувати синтез адаптивної системи як для статичних, так і для астатичних систем.

Таким чином, процедура синтезу адаптивної системи складається з наступних етапів: розрахунок алгоритму зміни параметрів регулятора за наведеною формулою та розрахунок коефіцієнтів ПІД (ПД)-контролерів.

Результати експериментальних досліджень. Для проведення експериментальних досліджень була вдосконалена модель адаптивної системи в прикладному пакеті Matlab/Simulink [4], яка представлена на Рис. 2.

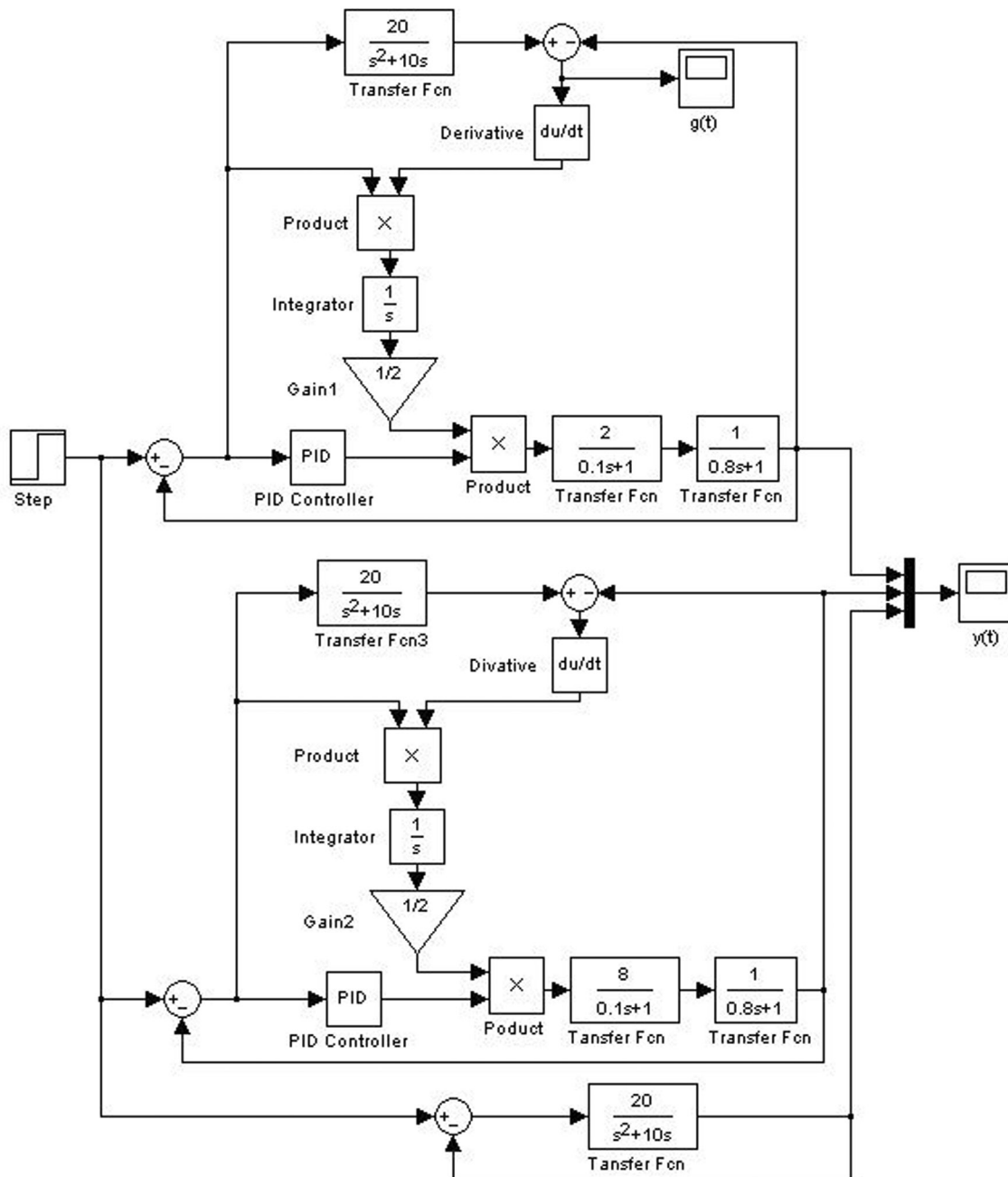


Рис. 2. Модель досліджуваної системи у пакеті Matlab/Simulink

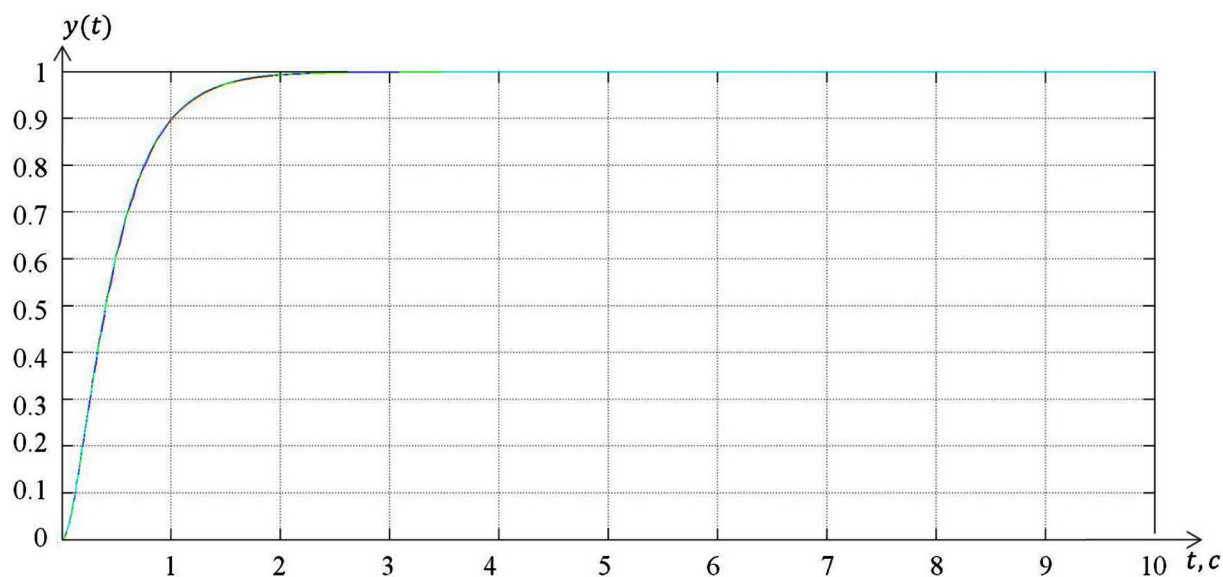


Рис. 3. Перехідні характеристики адаптивної системи

Таблиця 1

Результати моделювання

Δk	Без ПІД-регулятора		З ПІД-регулятором	
	Помилка адаптації до зміни k , %	Помилка адаптації до моделі, %	Помилка адаптації до зміни k , %	Помилка адаптації до моделі, %
-1,8	36,2	52,2	0,090	0,105
-1,6	22,9	42,2	0,042	0,058
-1,4	16,1	37,1	0,024	0,040
-1,2	11,7	33,8	0,016	
-1	8,5	31,4	0,010	0,026
-0,8	6,1	29,6	0,006	0,022
-0,6	4,1	28,2	0,004	0,019
-0,4	2,5	27,0	0,002	0,017
-0,2	1,2	25,9	0,001	0,015
0	0	25,1	0	0,016
0,2	1,0	24,3	0,001	0,014
0,4	1,9	23,6	0,001	0,015
1	4,2	22,0	0,003	0,013
2	6,8	20,0	0,004	0,011
3	8,6	18,6	0,005	0,010
4	10,1	17,5	0,005	0,009
5	11,2	16,7	0,001	0,013
6	12,1	16,0	0,008	0,008
7	12,9	15,4	0,006	0,008
8	13,6	14,9	0,006	0,008
9	14,2	14,4	0,007	0,008

Ця модель дозволила виконувати експериментальні дослідження для будь-яких параметрів систем керування другого та третього порядків з попереднім визначенням структури та параметрів еталонної моделі.

Для підтвердження можливостей синтезу адаптивних систем керування запропонованим алгоритмом, розглянемо приклад синтезу для об'єкту

керування, який описується передавальною функцією вигляду:

$$W_o(s) = \frac{2}{(0.1s + 1)(0.8s + 1)}.$$

У якості еталонної моделі оберемо передавальну функцію виду:

Таблиця 2

Результати моделювання

Δk	Без ПІД-регулятора		З ПІД-регулятором	
	Помилка адаптації до зміни k , %	Помилка адаптації до моделі, %	Помилка адаптації до зміни k , %	Помилка адаптації до моделі, %
-2,7	40,4	56,8	0,488	0,483
-2,4	25,8	46,1	0,093	0,090
-2,1	18,1	40,6	0,024	0,027
-1,8	13,2	37,0	0,070	0,071
-1,5	9,6	34,4	0,080	0,082
-1,2	6,9	32,4	0,080	0,083
-0,9	4,7	30,8	0,069	0,071
-0,6	2,9	29,5	0,048	0,051
-0,3	1,3	28,4	0,025	0,030
0	0	27,4	0	0,020
0,3	1,2	26,6	0,026	0,026
0,6	2,2	25,8	0,049	0,051
0,9	3,1	25,2	0,071	0,073
1,2	3,9	24,6	0,090	0,092
1,5	4,7	24,0	0,103	0,105
1,8	5,4	23,5	0,111	0,112
2,1	6,0	23,1	0,114	0,119
2,4	6,6	22,6	0,115	0,113
2,7	7,1	22,2	0,111	0,115
3	7,7	21,9	0,100	0,103

$$W_m(s) = \frac{20}{s^2 + 10s}.$$

Забезпечення якості, закладеної в структуру і параметри еталонної моделі, у синтезованій адаптивній системі при зміні k_0 у межах $0,2 \leq k_0 \leq 11$ забезпечується введенням ПІД-регулятора з наступними параметрами:

$$k_n = 1000, k_i = 300, k_d = 250.$$

Перехідні процеси представлені на Рис. 3 для випадку збільшення коефіцієнта підсилення у чотири рази.

Як видно з Рис. 3, синтезована адаптивна система забезпечує швидку збіжність процесу (1,5 с.) та адаптується до значної зміни коефіцієнта підсилення системи і забезпечує бажані показники якості, закладені в структуру і параметри еталонної моделі.

Результати моделювання для різних значень змінної складової коефіцієнта підсилення системи другого порядку Δk зведені у таблицю 1.

Разом із системою другого порядку проводились дослідження адаптивної системи третього порядку з передавальною функцією вигляду:

$$W_0(s) = \frac{3}{(0.3s+1)(0.1s+1)(0.8s+1)}.$$

Еталонна модель має наступну передавальну функцію:

$$W_m(s) = \frac{1.5}{s(0.1s+1)(0.05s+1)}.$$

Для забезпечення швидкої збіжності процесу адаптації змінних характеристик об'єкту керування до характеристик моделі використовується ПІД-контролер з наступними параметрами:

$$k_n = 30, k_i = 10, k_d = 11.$$

Коефіцієнт підсилення змінюється у межах $0.3 \leq k_0 \leq 6$.

Результати моделювання для різних значень змінної складової коефіцієнта підсилення системи третього порядку Δk зведені у таблицю 2.

Висновки. У статті запропоновано алгоритм забезпечення швидкої збіжності процесу в адаптивній системі з еталонною моделлю за рахунок використання двох етапів адаптації: адаптації до зміни параметрів об'єкта керування з використанням функцій Ляпунова та адаптації до характеристик еталонної моделі за рахунок використання ПІД-контролерів.

Проведенні дослідження показали, що запропонований алгоритм дозволяє синтезувати систему, яка адаптується до зміни коефіцієнта підсилення (у широких межах) у середньому з помилкою не більше 0.1%.

Література

1. Чураков Е. П. Оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие для вузов / Е. П. Чураков. — М.: Энергоатомиздат, 1987. 256 с.
2. Бейнарович, В. А. Самонастраивающиеся системы с эталонной моделью / В. А. Бейнарович // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2010. № 1/21.
3. Есаков Виталий Анатольевич Синтез адаптивных систем методом функций Ляпунова / В. А. Есаков, В. Г. Дудко // Проблемы Науки. 2018. № 12 (132).
4. Репнікова Н. Б. Алгоритм синтезу самоналагоджувальних систем управління з моделлю / Н. Б. Репнікова, А. В. Писаренко, О. В. Лобода, А. М. Хомій // Системи обробки інформації, 2009. Вип. 2. С. 94–97.

УДК 66.03

Семінський Олександр Олегович

*кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та апаратів
хімічних і нафтопереробних виробництв*

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Семинский Александр Олегович

*кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов
химических и нефтеперерабатывающих производств*

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Seminskyi Oleksandr

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Machines and
Apparatus for Chemical and Oil Refining Production*

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Онищенко Дмитро Миколайович

магістрант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Онищенко Дмитрий Николаевич

магистрант

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Dmytro Onyshchenko

Master Degree Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ВКОРОЧЕННЯ ВОЛОКОН ПРИ ОБРОБЦІ ВОДО-ВОЛОКНИСТИХ СУСПЕНЗІЙ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ УКРОЧЕНИЕ ВОЛОКОН ПРИ ОБРАБОТКЕ ВОДО- ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОМ АППАРАТЕ

RESEARCH OF FIBER CUTTING KINETICS WHILE PROCESSING WATER-FIBER SUSPENSIONS IN ROTARY PULSATION APPARATUS

Анотація. Представлені результати експериментальних досліджень впливу концентрації волокон у водо-волокнистих суспензіях на кінетику зміни їх довжини при проведенні обробки в одноступінчастому роторно-пульсаційному апараті (РПА). Отримано залежності, які узагальнено простою емпіричною формулою, що дозволяє прогнозувати середню довжину волокон в залежності від тривалості обробки для апаратів заданої конструкції і може бути використана при проведенні технологічних розрахунків. Визначені енергетичні характеристики режимів роботи РПА. Результати дослідження дозволяють більш обґрунтовано підійти до вибору раціональних режимів розволокнення суспензій.

Ключові слова: роторно-пульсаційний апарат, суспензія, волокно, кінетика, коефіцієнт корисної дії.

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований влияния концентрации волокон в водоволокнистых суспензиях на кинетику изменения их длины при проведении обработки в одноступенчатом роторно-пульсационном аппарате (РПА). Получены зависимости, которые описаны простой эмпирической формулой, что позволяет прогнозировать среднюю длину волокон в зависимости от продолжительности обработки для аппаратов заданной конструкции и может быть использована при проведении технологических расчетов. Определены энергетические характеристики режимов работы РПА. Результаты исследования позволяют более обоснованно подойти к выбору рациональных режимов разволокнения суспензий.

Ключевые слова: роторно-пульсационный аппарат, суспензия, волокно, кинетика, коэффициент полезного действия.

Summary. The results of experimental research of fiber concentration in water-fiber suspensions impact on the fiber length changing kinetics during processing in a single-stage rotary pulsation apparatus (RPA) are presented. The dependences are obtained, which are described by a simple empirical formula, which makes it possible to predict the average fiber length depending on the processing time for devices of a given design and can be used when carrying out technological calculations. The energy characteristics of the RPA operating modes are determined. The results of the study allow a more reasonable approach to choose rational modes of suspensions processing.

Key words: rotor-pulsation apparatus, suspensions, fiber, kinetic, codice of cinnamon.

Актуальність дослідження. Приготування водоволокнистих суспензій для формування паперового або картонного полотна відіграє важливу роль у технологіях целюлозно-паперових виробництв, оскільки від даної стадії значною мірою залежить якість одержаної продукції [1]. При цьому особлива увага приділяється розволокненню, яке безпосередньо впливає на однорідність суспензій, еластичність волокон та їх здатність утворювати зв'язки при відливі, і, як наслідок, забезпечує суттєвий внесок у паперотворні властивості суспензій [2–3].

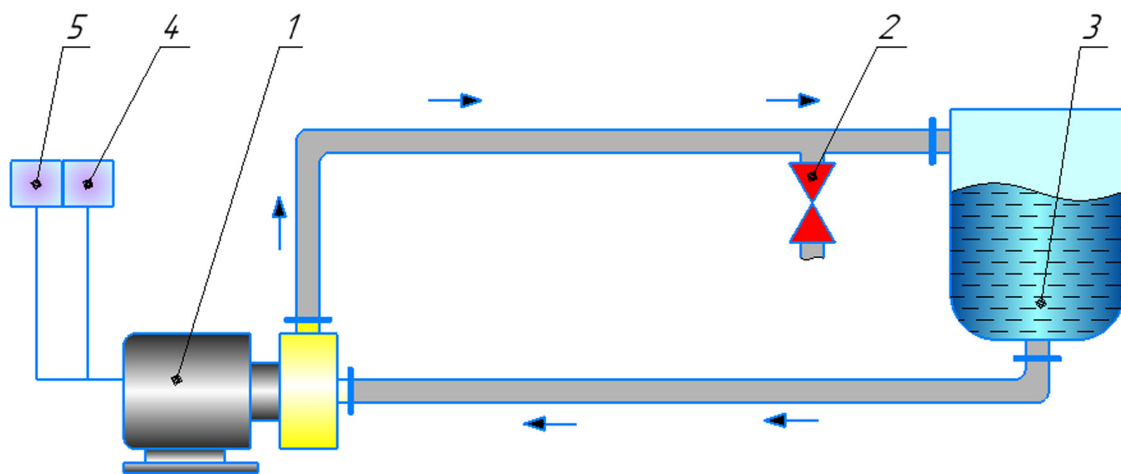
Роторно-пульсацийні апарати зарекомендували себе як високоефективне обладнання для розволокнення. Завдяки комплексному багатofакторному впливу на волокна, при обробці малокопцентрованих (зазвичай не більше 5% волокон) суспензій, РПА дозволяють одночасно здійснити розпускання, фібрилювання, гідратацію і вирівнювання довжини волокон [4].

Опубліковані результати досліджень обробки волокнистих суспензій у РПА, в основному, фокусуються на визначенні енергетичних і кінетичних

закономірностей. Причому, в останньому випадку, стан обробленої суспензії найчастіше характеризують ступенем розробки волокон, який визначають за здатністю волокон утримувати воду (наприклад, за методом Шоппер-Рігlera) [4–5]. Натомість залишається недостатньо дослідженим вплив режимів пульсацийної обробки водоволокнистих суспензій на довжину волокон, хоча відомо, що довжина волокон суттєво впливає на папероутворення, тому що від неї залежать формування структури і утворення первинних (механічних) міжволоконних зв'язків при формуванні полотна. Тому експериментальне дослідження впливу технологічних параметрів обробки водоволокнистих суспензій в РПА на довжину волокон залишається актуальним.

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей зміни в часі довжини волокон при обробці водоволокнистих суспензій в одноступінчастому РПА, а також впливу концентрації волокон на кінетику процесу і енергетичні витрати.

Методика дослідження. Для проведення експериментальної складової дослідження спроектовано



1 — РПА; 2 — патрубок відбирання проб; 3 — резервуар для водоволокнистої суспензії; 4 — ватметр; 5 — тахометр
Рис. 1. Схема експериментальної установки

і виготовлено лабораторну установку (рис. 1), яка складається з одноступінчастого РПА проточного типу та резервуару для водо-волокнистої суспензії, з'єднаних між собою трубопроводами у циркуляційний контур. Циркуляція суспензії по контуру відбувається внаслідок насосної дії РПА. Установка оснащена засобами контролю та вимірювання параметрів роботи апарата, патрубком відбирання проб, а також умовно не позначеними на схемі зливним штуцером і перевідним пристроєм.

Програма дослідження передбачала приготування вихідної водо-волокнистої суспензії розпусканням у гідророзбивачі протягом 10 хв. листів друкарського паперу щільністю 80 г/м² при різних концентраціях волокна (1, 2 і 3% мас.). З одержаної суспензії відбиралась вихідна проба, після чого однакова для всіх дослідів кількість суспензії перевантажувалась у резервуар лабораторної установки. Обробка суспензії проводилась в РПА з визначенням параметрів процесу і відбиранням проб через визначені проміжки часу за встановленою програмою. При обробці частота обертання ротора встановлювалась рівною 50 Гц, вимірювались початкова та кінцева температура суспензії, об'ємна витрата та потужність приводу апарата. Середня довжина волокон визначалась як середнє арифметичне результатів курвіметричних вимірювань індивідуальних довжин волокон (вибірки, не менше 500 одиниць кожна) знятих з мікрофотографій відібраних проб обробленої суспензії.

Результати дослідження та їх аналіз. Результати дослідження, узагальнені у вигляді графічних залежностей, наведені на рис. 2 і 3.

Особливість залежностей на рис. 2 полягає у тому, що середня довжина волокон представлена як функ-

ція від інваріантного параметра — знерозміреного часу, що виражається як $\Theta = t/t_u$, де t і t_u , відповідно, час обробки суспензії і тривалість одного циклу обробки.

З рис. 2 видно, що зі збільшенням концентрації волокон у суспензії, початкова довжина волокон збільшується, а вкорочення волокон за однакової кількості циклів пульсаційної обробки — зменшується. Це відповідає опублікованим даним з інших джерел інформації, і свідчить про те, що підвищення концентрації волокон дозволяє забезпечити більш ощадний щодо вкорочення волокон режим розволокнення. Останнє особливо важливе, оскільки недопущення перевкорочення волокон дає можливість забезпечити високу якість сформованого полотна і збільшити кількість циклів вторинної переробки картонно-паперової продукції.

Для аналітичного вираження описаних залежностей виведено емпіричну формулу у вигляді

$$\Delta_l = k \ln \Theta, \quad (1)$$

де $\Delta_l = l_0 - l_\Theta$ — різниця середніх довжин волокон до початку пульсаційної обробки і у час Θ ; k — кінетичний коефіцієнт.

Слід зазначити, що в (1) при $t = 0$ величина $\ln \Theta$ невизначена, однак це не викликає протиріччя в аналітичному описі кінетики обробки волокон, оскільки відповідає нульовій зміні довжини волокна, а отже відсутності пульсаційного впливу.

За результатами обчислень з використанням (1) побудовані залежності, зображені на рис. 2 суцільними лініями, що дає можливість візуальної оцінки ступеня їх відповідності дослідним даним. Статистична перевірка можливості опису введеною емпіричною формулою зміни довжини волокон у часі

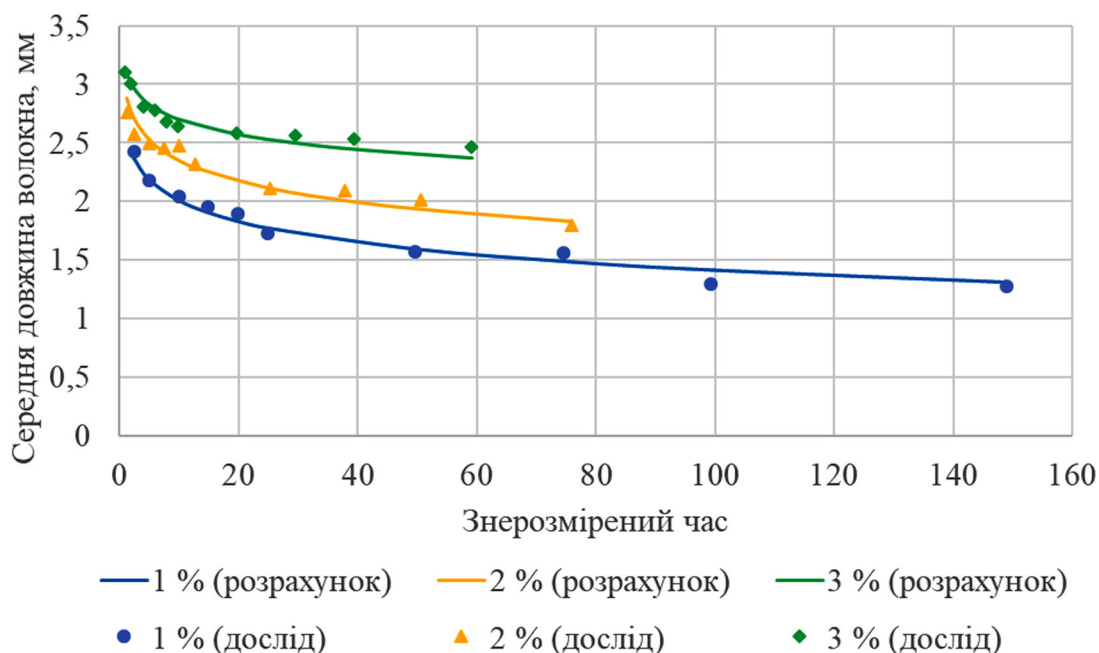
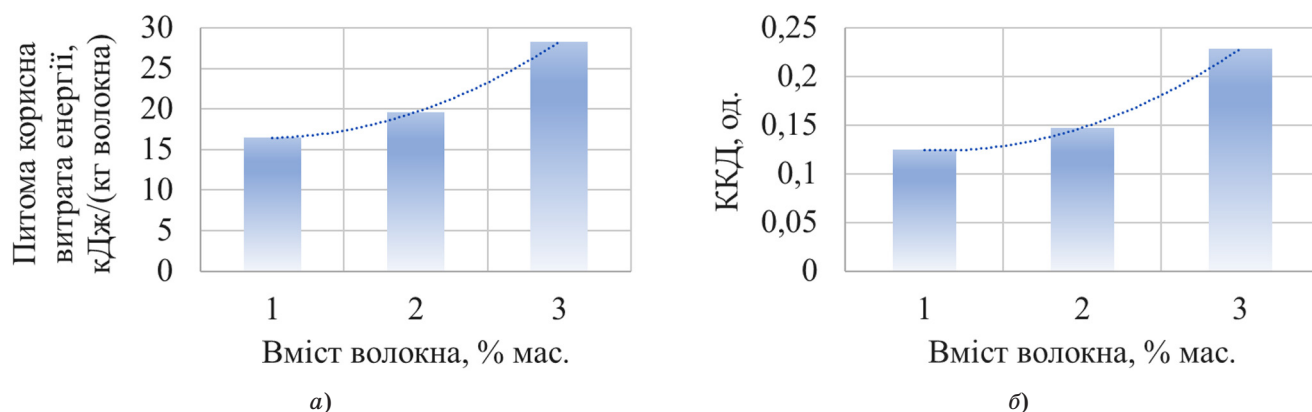


Рис. 2. Залежність середньої довжини волокон від знерозміреного часу обробки суспензії у РПА



а) залежність питомих витрат енергії на обробку волокон від їх концентрації; б) залежність ККД від концентрації волокон

Рис. 3. Енергетичні залежності при обробці суспензії в РПА:

при їх пульсаційній обробці, проведена з використанням коефіцієнта кореляції (мінімальне значення 0,974) і критерія Фішера для рівня значущості 0,05, доводить можливість використання цієї формули при проведенні технологічних розрахунків.

На рис. 3, а наведені значення питомої корисної витрати енергії, визначеної як відношення складової потужності, що використовується безпосередньо на обробку волокон до масової продуктивності по волокну, від концентрації волокон у суспензії. На рис. 3, б зображені дані, що характеризують вплив концентрації волокна на загальний коефіцієнт корисної дії (ККД) РПА.

Характер кривих на рис. 3 вказує на нелінійне зростання енергетичних характеристик зі збільшенням концентрації волокон у суспензії. Враховуючи, що зі збільшенням концентрації, зменшується вкорочення волокон, можна зробити висновок, що додаткові витрати енергії йдуть на розробку волокон (фібрилювання, гідратацію та ін.). Отже, підвищення концентрації волокон при пульсаційній обробці суспензій позитивно впливає на їх паперотворні

властивості. Крім того, робота при більших концентраціях зменшує витрати на обробку. Проте, стабільна та ефективна робота РПА можлива тільки за умови забезпечення раціонального режиму руху суспензії у робочих органах, тому рішення про вибір концентрації волокон необхідно приймати з урахуванням гідродинаміки апаратів.

Висновки. Результати дослідження дозволяють більш обґрунтовано підійти до вибору раціональних режимів розволокнення суспензій з використанням РПА.

Виведена емпірична формула дає можливість прогнозувати довжину волокон в залежності від тривалості обробки для апаратів заданої конструкції. До її особливостей слід віднести простоту виразу і необхідність визначення тільки одного кінетичного коефіцієнта для проведення розрахунків.

Доцільне продовження досліджень з напрацюванням бази даних щодо обробки водо-волокнистих суспензій, а також визначення впливу конструкції і компонування робочих органів РПА на кінетику розволокнення і властивості волокон.

Література

1. Фляте Д. М. Технология бумаги. — М.: Лесная промышленность, 1988. — 440 с.
2. Иванов С. Н. Технология Бумаги / С. Н. Иванов. — Москва: З, 2006. — 696 с.
3. Корда И. Размол бумажной массы / И. Корда, З. Либнар, И. Прокоп. — Москва: Лесная промышленность, 1967. — 421 с.
4. Легоцкий С. С., Гончаров В. Н. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. — М.: Лесная промышленность, 1990. — 224 с.
5. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. I. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 2. Производство полуфабрикатов. — СПб.: Политехника, 2003. — 633 с.

УДК 628.543

Шафаренко Микола Васильович

асистент кафедри біотехніки та інженерії

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Шафаренко Николай Васильевич

ассистент кафедры биотехники и инженерии

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Shafarenko Nikolai

Assistant Department of Bioengineering and Biotechnics

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Воробйова Ольга Володимирівна

аспірант кафедри біотехніки та інженерії

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Воробьева Ольга Владимировна

аспирант кафедры биотехники и инженерии

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Vorobyova Olga

PhD Student of Department of Bioengineering and Biotechnics

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ МЕМБРАННИХ АПАРАТІВ ТА МЕМБРАННОГО БІОРЕАКТОРА

ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ И МЕМБРАННОГО БИОРЕАКТОРА

INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT USING MEMBRANE DEVICES AND MEMBRANE BIOREACTOR

Анотація. Розглянуто схему очистки стічних вод при залпових скиданнях на хімічних підприємствах за допомогою трьохступеневої очистки методом первапорації, адсорбції та мембранного біореактора.

Ключові слова: очистка стічної води, органічні речовини, мембранні апарати, мембранний біореактор, первапарація, адсорбція, мембрана.

Аннотация. Рассмотрена схема очистки сточных вод при залповых сбросах на химических предприятиях с помощью трехступенчатой очистки методом первапорации, адсорбции и мембранного биореактора.

Ключевые слова: очистка сточной воды, органические вещества, мембранные аппараты, мембранный биореактор, первапорация, адсорбция, мембрана.

Summary. The scheme of wastewater treatment at salvo discharges at chemical plants using a three-stage purification method pervaporation, adsorption and membrane bioreactor.

Key words: wastewater treatment, organic substance, membrane apparatus, membrane bioreactor, pervaporation, adsorption, membrane.

При проведенні технологічних процесів на хімічних підприємствах виникають ситуації, при яких в стічній воді скидаються в значній кількості органічні речовини. Такі випадки називають залповими скидами. При цьому вміст органічних речовин у стічних водах може досягати концентрації $20\,000\text{ мг/л}$. За таких високих концентрацій, при проведенні аеробних або анаеробних процесів очистки стічних вод для мікроорганізмів для активного мулу, складаються несприятливі умови. Для проведення ефективної очистки за допомогою активного мулу максимальний вміст органіки в стічних водах не повинен перевищувати 200 мг/л . Знизити концентрацію органічних домішок з $20\,000\text{ мг/л}$ до 100 мг/л можна за допомогою мембранних апаратів, а потім, застосувавши мембранні біологічні реактори можна знизити вміст органіки в стічній воді до граничнодопустимої концентрації. Схема такої очистки показана на рис. 1.

Зупинимось більш детально на окремих стадіях очистки. Первапораційні мембранні апарати дозволяють зменшити вміст органічних речовин в стічній воді до $0,2\%$ (мас.) або до $2\,000\text{ мг/л}$. На хімічному заводі середньої потужності (наприклад, виробництво полістиролу на заводі пластмас, м. Актолу, Казахстан) витрата стоків складає $10\text{ м}^3/\text{год}$. При концентрації органіки в залповому викиді 2% (мас.) загальна кількість стирулу, етилбензолу, толуолу сягає 200 кг/год . За допомогою первапораційних мембранних апаратів можна забрати 180 кг/год органічних речовин. При проникності мембран $0,5\div 1\text{ кг}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$, загальна поверхня останніх складає 360 м^2 . Таку поверхню мають 4 мембранні апарати із внутрішнім діаметром 600 мм і висотою $2,5\text{ м}$, які займають площу 6 м^2 .

Стадія очистки методом первапорації представлена на рис. 2.

Стічна вода залпового викиду із вмістом органічних речовин $c = 20\,000\text{ мг/л}$ насосом 1 через теплообмінник 2, в якому нагрівається насиченою

водяною парою до температури $40\div 45\text{ }^\circ\text{C}$, подається в первапораційні мембранні апарати 3.

Мембранний апарат за конструкцією подібний до кожухотрубного теплообмінника, в якому замість труб використовуються трубчасті мембрани. Крім того корпус апарата обладнаний сорочкою, в яку подається холодна вода.

Стічна вода поступає у внутрішні канали мембран, а органічна фаза, пройшовши через стінки мембран, у вигляді пари (дифузійний процес) виділяється в міжмембранний простір, конденсується на поверхні корпуса і виводиться з нижньої частини апарата. А стічна вода, з якої вилучено частину органічних домішок в першому апараті, поступає в другий і т.д. Апарати з'єднані послідовно, і тому продуктивність кожного з них, яка залежить від концентрації і фазової рівноваги, буде різною. Так із першого апарату буде виводитись 90 кг/год органічної фази, з другого — 40 кг/год , з третього — 30 кг/год і з четвертого — 20 кг/год . Таким чином, очищаючи воду методом первапорації можна в 10 разів зменшити в ній вміст органічних речовин.

Стадія адсорбційної очистки представлена на рис. 3.

Стічна вода після первапораційної очистки з вмістом органічної фази $2\,000\text{ мг/л}$ поступає в ємність 1, а потім насосом 2 подається в мембранний адсорбер 3, в якому відбувається поглинання мембранною насадкою органічних речовин. Частково очищена стічна вода знову зливається в ємність 1. Таким чином вода функціонує по замкнутому циклу до тих пір, поки вміст органіки в ній не досягне величини $1\,000\text{ мг/л}$. Після чого вода подається на другу ступінь очищення в ємність 4.

В спорожнілу ємність 1 знову подається вода зі стадії первапораційної очистки, яка насосом 2 подається в адсорбційний мембранний апарат 5, де частково очищається і зливається в ємність 1 і т.д.

Мембранні елементи в адсорбері 3, які насичені органічними речовинами, для подальшого викори-

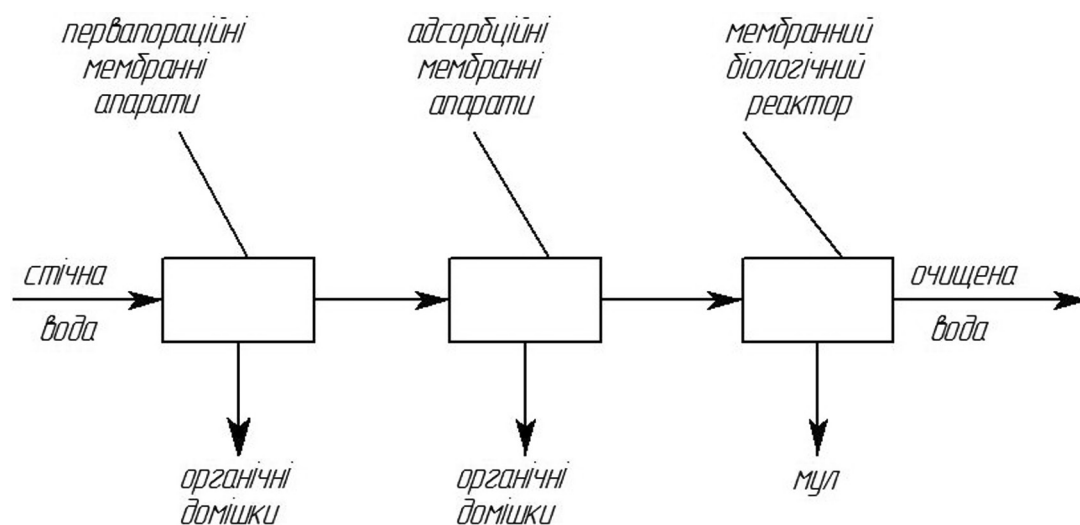


Рис. 1. Структурна схема очистки

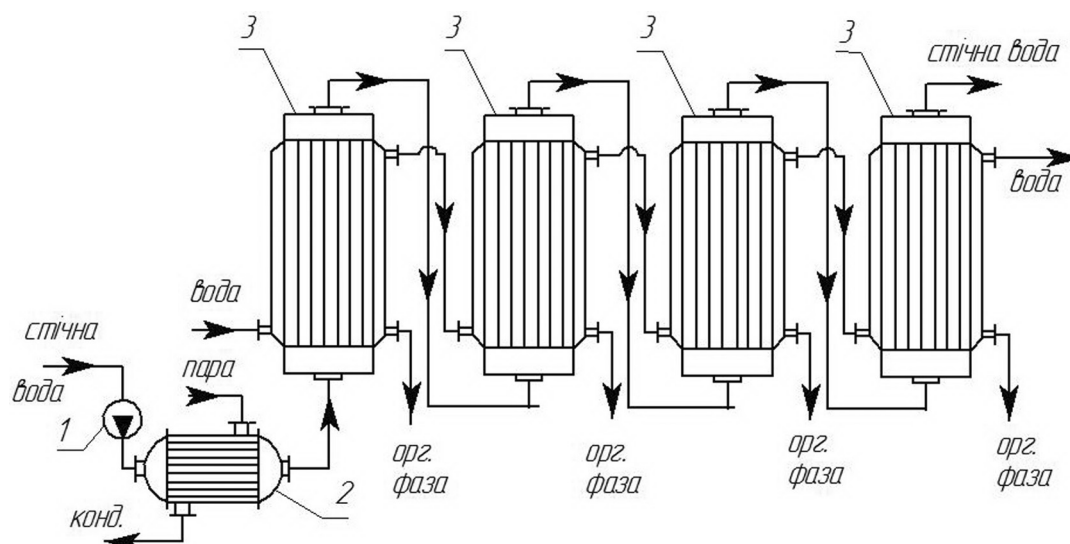


Рис. 2. Технологічна схема очистки стічних вод методом первапорації

стання в процесі очистки піддаються регенерації. Для чого в сорочку адсорбера подається насичена водяна пара. При нагріванні мембранні елементи виділяють органічні речовини у вигляді пари, яка поступає в холодильник-конденсатор 6, де конденсується і охолоджується. Таким чином установка працює в безперервному режимі.

На другій ступені очищення води від органічних домішок відбувається аналогічним чином. Поки насичення мембранних елементів органічною фазою відбувається в 3 та 8 адсорберах, в 5 та 9 адсорбері проходить регенерація мембранних елементів. Потім відбувається переключення адсорберів: в 3 та 8 про-

ходить регенерація, а в 5 та 9 насичення. Холодильники-конденсатори 6 та 10 працюють весь час. Таким чином установка працює в безперервному режимі.

Стічна вода після адсорбційного очищення з вмістом органічної фази 200 мг/л подається на біологічну очистку, яка відбувається з використанням мембранної технології та мікроорганізмів.

Процеси очищення стічних вод в воду, вільну від забруднень і повернення її в технологічний цикл, закладені в одну із самих передових технологій — технологію мембранного біологічного реактора. Основна його відмінність від систем традиційного біологічного очищення в аеротенках — наявність

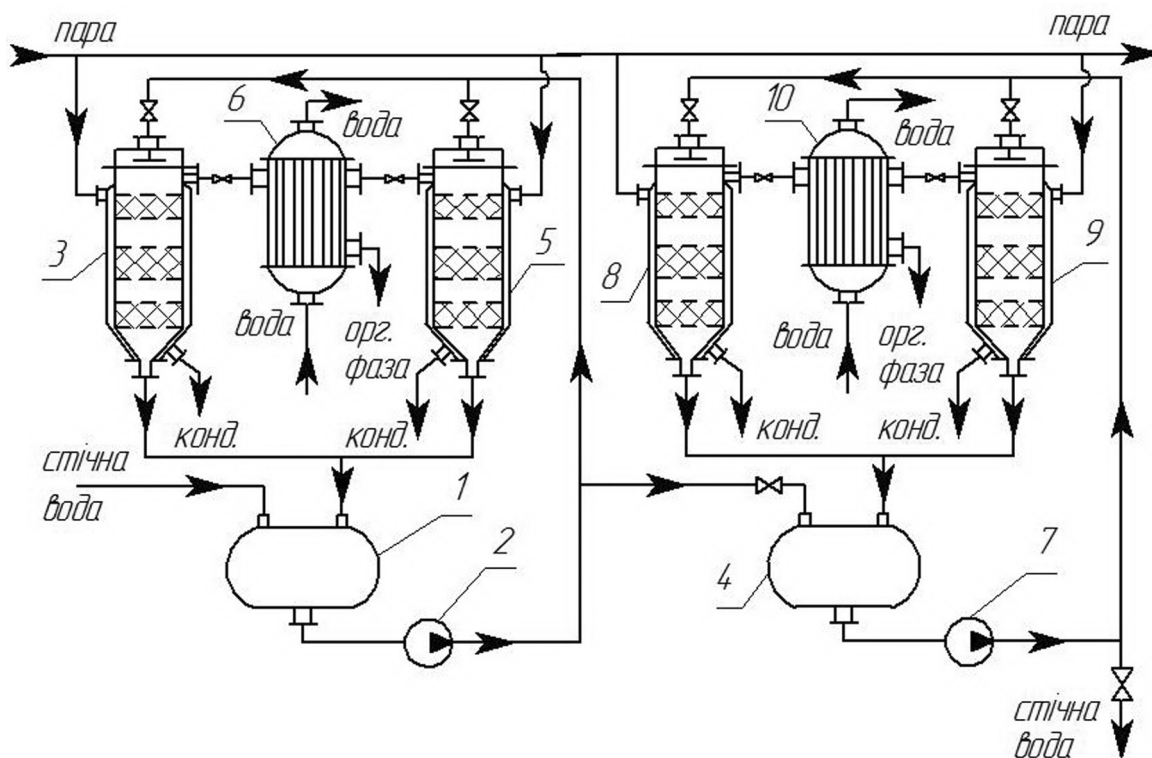


Рис. 3. Технологічна схема адсорбційного очищення

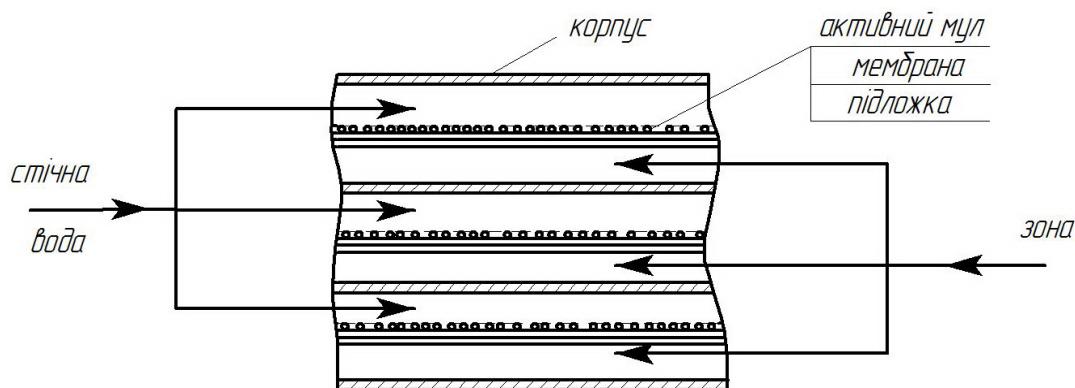


Рис. 4. Схема роботи апарата мембранної дисципліни

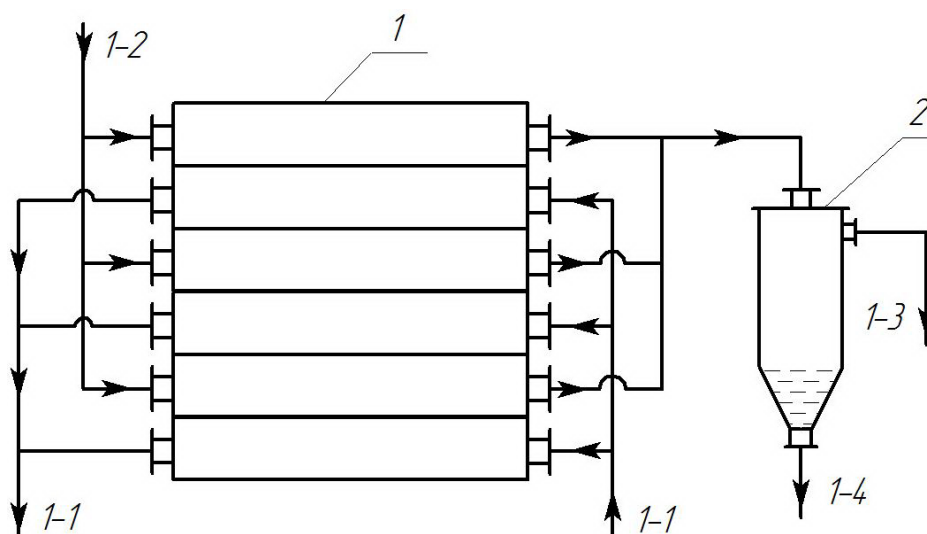


Рис. 5 Технологічна схема очищення стічної води:

1-1 вода очищена; 1-2 стічна вода; 1-3 стічна вода; 1-4 мул

мембранного апарата. В даному апараті використовується метод мембранної дистиляції.

За конструкцією мембранний апарат представляє собою горизонтальний апарат «типа пластинчастий теплообмінник», в якому канали утворюються плоскими мембранами, що розміщені на підложках (рис. 4).

Крім того на поверхні мембран розміщені мікроорганізми у вигляді активного мулу. Перепад тиску між каналами, по яким рухається стічна вода, і каналами, по яким тече очищена вода, дорівнює 100÷200 мм.вод.ст. Під дією цього тиску температури (50÷60 °C) і мікроорганізмів, які розкладають органічні речовини, очищена від органіки вода, проходячи через мембрани, змішується з очищеною водою,

яка подається протитоком в апарат. Технологічна схема мембранно-біологічного очищення стічної води від органічних домішок показана на рис. 5.

Стічна вода 1-2 із вмістом органічної фази ~ 200 мг/л поступає в апарат мембранної дистиляції 1 (мембранний біореактор), в який протитоком подається вода очищена 1-1. Стічна, проходячи через мембрани і активний мул, очищається та змішується з водою очищеною. Неочищена стічна вода поступає у відстійник 2, з нижньої частини якого видаляється мул 1-4, а з верхньої частини неочищена стічна вода 1-3 знов поступає на очищення методом первапорації. Таким чином технологічний цикл замикається. Вміст органічних речовин в очищеній стічній воді складає 1÷10 мг/л.

Література

1. Очистка промышленных сточных вод / В. Е. Терновцев, В. М. Пухачев. К. Будівельник, 1986. 120 с.
2. Сеницын А. Б., Райкина Е. И., Ладинский В. И., Спасов С. Д. Имобилизованные клетки микроорганизмов. — М. Из-во МТУ, 1994. 228 с.
3. Гладкова Е. В. Использование мембранного биореактора в очистке сточных вод. / Е. В. Гладкова, Ю. В. Демьянова, А. М. Николаева, Д. К. Кутузов // Экология: традиции и инновации: материалы всерос. конф. молодых ученых, 9–13 апреля 2012 г., г. Екатеринбург / РАН, УрО, Ин-т экологии растений и животных. — Екатеринбург: Голицынский, 2012. 144 с.

УДК 622.692.4

Якимів Йосип Васильович

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Якимив Иосиф Васильевич

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

Yakymiv Yosyp

*PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

Бортняк Олена Михайлівна

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Бортняк Елена Михайловна

*кандидат технических наук,
доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

Bortnyak Olena

*PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗДІЛЬНИКІВ У РАЗІ ПОСЛІДОВНОГО ПЕРЕКАЧУВАННЯ РІЗНОСОРТНИХ НАФТ МАГІСТРАЛЬНИМИ ТРУБОПРОВОДАМИ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗДЕЛИТЕЛЕЙ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕКАЧКЕ РАЗНОСОРТНЫХ НЕФТЕЙ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ

EFFICIENCY OF APPLICATION THE PLUGS BETWEEN THE VARIOUS GRADES OF OIL BATCHING IN MAIN PIPELINES

Анотація. Розглядається можливість використання рідинних роздільників у разі послідовного перекачування різносортних нафт магістральними трубопроводами. Проаналізована ефективність застосування рідинних роздільників з метою зменшення сумішоутворення у випадку транспортуванні нафт із альтернативних джерел. Розроблено алгоритм і програмне забезпечення розрахунку розкладання суміші на кінцевому пункті магістрального нафтопроводу.

Ключові слова: сумішоутворення, допустимі концентрації, розкладання суміші, рідинний роздільник, магістральний трубопровід.

Аннотация. Рассматривается возможность использования жидкостных разделителей при последовательной перекачке разнородных нефтей по магистральным трубопроводам. Проанализирована эффективность использования жидкостных разделителей с целью уменьшения смесеобразования при транспортировке нефтей из альтернативных источников. Разработан алгоритм и программное обеспечение расчета раскладки смеси на конечном пункте магистрального нефтепровода.

Ключевые слова: смесеобразование, допустимые концентрации, раскладка смеси, жидкостный разделитель, магистральный трубопровод.

Summary. The possibility of using liquid plugs in the batching technology transportation of various grades of oil via main pipelines is considered. The efficiency of the use of liquid plugs in order to reduce the formation of mixtures when oil transporting from alternative sources was analyzed. The algorithm and software for calculating the correction of the mixture at the user end of the main oil pipeline was developed.

Key words: mix formation, permissible concentrations, correction of the mixture, liquid plug, main pipeline.

Перед нафтотранспортною системою України в рамках реалізації проектів диверсифікації все гостріше постає питання реалізації альтернативних маршрутів надходження нафтової сировини з різних джерел її постачання. Наявність нафтових терміналів на берегах Чорного моря в районі м. Одеса та морського нафтового терміналу (МНТ) «Південний» сприяють можливості успішної диверсифікації постачання вуглеводневих енергоносіїв як для внутрішнього споживання, так і з метою підвищення завантаження транзитних магістралей. В Україні нафта морським транспортом може надходити із різних нафтогазовидобувних країн Чорноморського узбережжя. Такі нафти, переважно, суттєво відрізняються за своїми фізико-хімічними властивостями і перед транспортуванням їх змішувати не бажано. Найбільш економічно доцільним способом доставки вуглеводневої сировини на нафтопереробні заводи є, зазвичай, використання трубопровідного транспорту.

В умовах ринкової економіки як постачальниками, так і споживачами можуть ставитись вимоги до збереження якості нафти. Для цього доцільно транспортувати різносортні нафти магістральними трубопроводами методом послідовного перекачування. Суттєвим недоліком такого методу є утворення суміші в зоні контакту рідин за рахунок явищ конвективної та турбулентної дифузії. Суміш, що утворюється у разі реалізації послідовного перекачування, найчастіше в кінці трубопроводу ділиться на дві частини і додається до товарних нафт за рахунок запасу якості, який мають ці нафти за окремими показниками.

З метою збереження якості нафт, що послідовно транспортуються трубопроводом, можливе використання рідинних роздільників. Технологія застосування рідинних роздільників є значно простішою, ніж у випадку використання твердих роздільників. Рідиною для роздільника може бути нафта, яка за своїми властивостями більше підходить до нафт, які перекачуються послідовно, ніж ці нафти одна до одної. Допустимі концентрації нафти-роздільника в нафтах, які перекачуються послідовно, повинна бути значно більшою, ніж допустимі концентрації цих нафт одна в одній. В такому випадку утворюєть-

ся суміш, якість якої краща і її в більших кількостях можна додавати в резервуари до нафт, що зберігаються в резервуарах кінцевого пункту трубопроводу.

Технологія використання рідинних роздільників із буферних нафтопродуктів у разі послідовного перекачування світлих нафтопродуктів розглядається в [1–6]. У цих роботах висвітлюються питання розкладання суміші нафтопродуктів в кінці трубопроводу, визначення оптимального об'єму буферної рідини для надійного розділення суміші. Ідеї цих робіт можна поширити на послідовне перекачування різносортних нафт магістральними трубопроводами.

Критерієм оптимальності ділення суміші на дві частини вважається мінімум сумарного об'єму товарних нафтопродуктів чи нафт, необхідних для розбавлення суміші. Вибір перерізу, в якому суміш слід ділити на дві частини, залежить від допустимих концентрацій рідин одна в одній.

Ефективність застосування рідинних роздільників розглядалась для нафтопроводу Одеса–Броди, довжиною 667 км і внутрішнім діаметром 1000 мм. Трубопроводом послідовно перекачуються легка нафта сорту Azery Light (рідина А) кінематичною в'язкістю 9,46 сСт з витратою 2448,1 м³/год. та азербайджанська нафта (рідина В) кінематичною в'язкістю 18,24 сСт з витратою 2322,5 м³/год. Як рідинний роздільник (рідина С) використовується нафта кінематичною в'язкістю 10,3 сСт. Допустимі концентрації рідин одна в одній: $K_{ab} = 0,19 \%$, $K_{ba} = 0,60 \%$, $K_{ca} = 3,4 \%$, $K_{cb} = 2,1 \%$.

Розрахунки показали, що за оптимального ділення суміші у разі перекачування нафт прямим контактуванням, сумарний об'єм товарних нафт, необхідних для виправлення суміші, складає 124435 м³. У випадку ж послідовного транспортування нафт з рідинним роздільником у зоні їх контакту, сумарний об'єм товарних нафт, необхідних для реалізації суміші, складає 68175 м³, необхідний об'єм рідини, що використовується як роздільник, 1279 м³. Таким чином, за рахунок використання рідинного роздільника сумарний об'єм товарних нафт, необхідних для розбавлення суміші за відповідних допустимих концентрацій рідин одна в одній, зменшився на 45,2%.

Література

1. Лурье М. В., Марон В. И., Юфин В. А. Последовательная перекачка нефтепродуктов с разделительной пробкой // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. — 1974. — № 4. — С. 22–25.
2. Фролов К. Д., Середюк М. Д. Последовательная перекачка разно-сортных нефтепродуктов с пробками из буферных жидкостей // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. — 1974. — № 4. — С. 41–44.
3. Якимив И. В. Минимальное число циклов при последовательной перекачке нефтепродуктов с пробками из буферных жидкостей // Нефтяная и газовая промышленность. — К.: Техніка, 1980. — № 3. С. 43–45.
4. Якимив И. В., Фролов К. Д., Середюк М. Д. Применение жидкостных буферных пробок при последовательной перекачке нефтепродуктов с малыми запасами качества // Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 1980, вып. 17. — С. 87–91.
5. Середюк М. Д., Фролов К. Д., Якимив И. В. Оптимальные параметры последовательной перекачки нефтепродуктов с жидкостными буферными пробками // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. — 1981. — № 8. — С. 4–6.

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»
INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ИНТЕРНАУКА»

Збірник наукових статей

№ 8 (70)

2 том

Голова редакційної колегії — д.е.н., професор *Камінська Т.Г.*

Київ 2019

Видано в авторській редакції

Засновник / Видавець ТОВ «Фінансова Рада України»
Адреса: Україна, м. Київ, вул. Павлівська, 22, оф. 12
Контактний телефон: +38 (067) 401-8435
E-mail: editor@inter-nauka.com
www.inter-nauka.com

Підписано до друку 12.06.2019. Формат 60×84/8
Папір офсетний. Гарнітура SchoolBookAS.
Умовно-друкованих аркушів 9,07. Тираж 100.
Замовлення № 398. Ціна договірна.
Надруковано з готового оригінал-макету.

Надруковано у видавництві
ТОВ «Центр учбової літератури»
вул. Лаврська, 20 м. Київ
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2458 від 30.03.2006 р.