

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет

Вісник
Криворізького національного
університету

Збірник наукових праць

Випуск 55

Кривий Ріг 2022

Редакційна колегія: **Ступнік М.І.**, д-р техн. наук, проф. (головний редактор); **Бровко Д.В.**, д-р техн. наук, проф. (заступник головного редактора); **Азарян А.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Березовський А.А.**, д-р геол. наук, проф.; **Варава Л.М.**, д-р екон. наук, проф.; **Вілкул Ю.Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Губін Г.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Жуков С.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Зінченко О.А.**, д-р екон. наук, проф.; **Зубов Д.А.**, д-р техн. наук, проф., Охрид, Македонія; **Ільяс Ніколає**, д-р техн. наук, проф., Петрошани, Румунія; **Калініченко В.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Ковальчук В.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Коробко В.М.**, д-р техн. наук, проф., Массачусетс, США; **Котов І.А.**, д-р техн. наук, доц.; **Кіяновський М.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Купін А.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Лапшин О.Є.**, д-р техн. наук, проф.; **Монастирський Ю.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Моркун В.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Нусінов В.Я.**, д-р екон. наук, проф.; **Олійник Т.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Паламар А.Ю.**, канд. техн. наук, доц.; **Перебудов В.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Пікільняк А.В.**, канд. техн. наук, доц.; **Савельєв С. Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Сінчук О.М.**, д-р техн. наук, проф.; **Сидоренко В.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Ткаченко А.М.**, д-р екон. наук, проф.; **Толмачов С.Т.**, д-р техн. наук, проф.; **Турило А.М.**, д-р екон. наук, проф.; **Учитель О.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Шахно А.Ю.**, д-р екон. наук, доц.; **Шишкін О.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Федоренко П.Й.**, д-р техн. наук, проф.; **Щокін В.П.**, д-р техн. наук, проф.

Збірник внесено до Переліку фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (наказ Міністерства освіти і науки України № 326 від 04.04.2018 р.).

Збірник індексується в наукометричних базах даних Google Scholar, Index Copernicus, Research Bible, Academic Keys та ін., в загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова» (реферативний журнал «Джерело»). Збірник надсилається до Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського НАН України та провідних наукових бібліотек України.

У матеріалах збірника викладено результати досліджень у галузі технічних та економічних наук. Розглянуто шляхи підвищення ефективності промислових виробництв, автоматизації, контролю та керування технологічними процесами. Важливе місце займають питання енергозбереження, економіки, надійності охорони праці, техніки безпеки, захисту довкілля.

Наукові статті збірника рекомендовані науковим та інженерно-технічним працівникам, студентам, магістрантам й аспірантам.

Випуск № 55 рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Криворізького національного університету (протокол № 5 від 28.11.2022 року).

Адреса редакції: Криворізький національний університет
вул. Пушкіна, 44, Кривий Ріг, 50002,
Тел. (056) 409 61 29
web-сайт <http://visnykknu.com.ua>

Кривий Ріг
Зміст

<i>Моркун В. С., Моркун Н. В., Гапоненко А. А., Бобров Є.Ю.</i> Аналіз методів оцінки параметрів процесу зворотного розсіювання ультразвукових хвиль	3
<i>Воденнікова О.С., Коваль М.О., Воденніков С.А.</i> Виготовлення авіаційної деталі «Завихрувач» з жароміцного нікелевого сплаву Inconel 718 за допомогою адитивного виробництва	10
<i>Зеленський О.С., Лисенко В.С.</i> Вдосконалення автоматизованого оконтурювання сортів руд по горизонтах рудних кар'єрів	15
<i>Ніжегородцев В.О., Петренко Л.М., Грищенко С.М.</i> Цифровізація діяльності правника: аналітично-правова система «ZakonOnline»	24
<i>Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В.</i> Ефективність і прибутковість у системі банківського менеджменту ..	30
<i>Швагер Н.Ю., Нестеренко О. В., Середенко І. А.</i> Аналіз методів навчання безпечному виконанню робіт на підземних роботах в АТ «Кривбасзалізрудком»	34
<i>Осадчук Ю.Г., Савицький О.І., Купін А.І., Шерстньов Ю.В.</i> Підвищення якості напруги живлення підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів	39
<i>Турило А.М.</i> Фінансово-економічна діяльність підприємства в аспекті менеджменту, оцінки і термінів	45
<i>Воденнікова О.С., Воденніков С.А., Бондаренко Я.В.</i> Аналіз заходів з модернізації спікального відділення агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»	49
<i>Пахомов В.І., Грін І.В., Малка В.В.</i> Дослідження та ефективність енергозбережних технологій на кар'єрному автотранспорті	58
<i>Брадұл О.М., Юнацький М.О., Ігнатова А.Ю.</i> Результати впровадження інновацій в інтернет-страхуванні України	64
<i>Хруцький А.О., Горбачов Ю.Г., Громадський А.С., Громадський В.А., Ліфенцов О.С.</i> Методика створення віртуальних лабораторних стендів при підготовці фахівців з галузевого машинобудування	70
<i>Гурін А.О., Шаповалов В.А.</i> Оцінка технологій і технічних засобів для використання феномену природного біошрифту в галузі екології та гірничорудній промисловості	76
<i>Кіяновський М.В., Кіяновська Н.М.</i> Вибір математичних моделей для ідентифікації та локалізації дефектів об'єктів експлуатації	82
<i>Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В.</i> Актуальність і характерні особливості категорії «фінансово-економічний менеджмент підприємства»	88
<i>Савицький О.І., Рубан С.А., Горбач К.О.</i> Розширення можливостей дослідження динаміки кібер-фізичних систем з PWM-керуванням на базі стенду пневмоавтоматики компанії FESTO	93
<i>Маринич І. А., Сердюк О. Ю.</i> Синтез та моделювання системи автоматичного керування подрібнюючим агрегатом на базі нечіткої логіки	98
<i>Астахова Н. В., Астахов В. І.</i> Дослідження фізико-технічних властивостей шлакопемзобетону та шлакобетону для одношарової панелі даху з безрулонною покрівлею та теплим горіщем	105
<i>Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В., Короленко С.М.</i> Фінансово-економічний та інноваційно-інвестиційний потенціал в аспекті стратегії розвитку підприємства	110
<i>Засельський В. Й., Засельський І. В., Шепеленко М. І., Кітач О.І., Баранова О. І.</i> Оцінка використання технічної системи «фотонний змішувач-конвеєр» в умовах ПАТ «ЦГЗК» на ділянці огрудкування металургійної шихти ..	114
<i>Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Савенко В.О., Сіяно Б.Г.</i> Підвищення енергоефективності огорожуючих конструкцій	118
<i>Валовой О.І., Грицаєнко О.М., Попруга Д.В.</i> Оцінка технічного стану конструкцій опор технологічних споруд ..	123
<i>Чупринов Є.В., Журавльов Ф.М., Кассім Д.О., Тараканов А.К., Реков Ю.В.</i> Удосконалення процесу двошарового спікання агломераційної шихти	127
<i>Лашин О. Є., Лашин О. О., Худик М. В.</i> Підвищення ефективності колективного захисту від виробничого шуму в гірництві	131
<i>Моркун В. С., Моркун Н. В., Грищенко С. М., Сердюк О. Ю., Гапоненко А. А., Бобров Є. Ю.</i> Моделювання магнітної сепарації залізної руди	137
<i>Шишкін О.О., Настич О.Б.</i> Застосування відходів збагачення залізних руд в технології бетонів нового покоління	146
<i>Чеберячко С.І., Пищикова О.В., Дерюгін О.В., Станіславук О.В., Алексєєв А.А.</i> Впровадження керування ризиками стресу в системах управління охороною здоров'я і безпекою праці на промислових підприємствах ...	149
<i>Shvets D.V.</i> Mathematical model for controlling the classification process of crushed iron raw materials using fuzzy logic	156
<i>Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Савенко В.О., Скрібцова Д.А.</i> Використання сучасних будівельних матеріалів в проектуванні будівель і споруд	163
АНОТАЦІЇ	
<i>А н о т а ц і ї</i>	169

В. С. МОРКУН, Н. В. МОРКУН, доктори техн. наук, професори,
А. А. ГАПОНЕНКО, Є.Ю. БОБРОВ, аспіранти
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЗВОРОТНОГО РОЗСІЮВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ

Мета - дослідження є аналізом методів оцінки параметрів процесу зворотного розсіювання ультразвукових хвиль, які розповсюджуються у випадково-неоднорідному середовищі, для визначення можливості їх використання в процедурі ідентифікації мінеральних різновидів залізної руди.

Методи дослідження. У роботі використані методи аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду, а також методи математичної статистики і теорії ймовірності для формування оцінки результатів дослідження.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні використання параметрів зворотного розсіювання ультразвукових хвиль при їх розповсюдженні у досліджуваному середовищі для формування ідентифікаційних характеристик зразків залізної руди в процесі її видобутку і переробки.

Практичне значення полягає в тому, що використання запропонованого підходу дозволяє оперативно отримати характеристичну інформацію про структурні ознаки мінеральних різновидів залізної руди.

Результати. Як коефіцієнт загасання та швидкість поширення, коефіцієнт зворотного розсіювання є фундаментальною властивістю ультразвуку, що використовується для характеристики багатьох процесів. На жаль, в даний час існує набагато менше апробованих методів вимірювання зворотного ультразвукового розсіювання, ніж для двох інших параметрів. Вимірювання частотної залежності зворотного розсіювання більш послідовні, ніж вимірювання абсолютної величини. Коли розсіювачі малі порівняно з довжиною хвилі ультразвуку, експериментальні дані про частотно-залежний коефіцієнт зворотного розсіювання, зазвичай узгоджуються з очікуваною поведінкою релеєвського розсіювання (пропорційно до частоти в четвертому ступені). Однак існує велика потреба у стандартизації методів вимірювання цього параметра. Метод статистики огинаючої моделює амплітуду огинаючої прийнятих сигналів за допомогою статистичного розподілу. Метод частотної спектроскопії заснований на аналізі частотного складу сигналів, що змінюється в залежності від розміру та форми поглинаючих структур. Метод кепстрального аналізу використовує частотний склад сигналів з метою оцінки відстані між поглиначами. У поєднанні ці методи можуть використовуватися для оцінки варіацій концентрації та розміру неоднорідностей у досліджуваному середовищі. Існуючі моделі розсіювання ультразвуку дозволяють з інформації, що міститься в спектральній характеристиці розсіяного сигналу, одержати числові параметри, що описують кількість розсіювачів та їхній просторовий розподіл, тобто. охарактеризувати структурні та текстурні особливості досліджуваних зразків. Таким чином, обґрунтування можливості використання параметрів зворотного ультразвукового розсіювання для формування ідентифікаційних характеристик зразків залізної руди в процесі її видобутку та переробки є важливою науково-практичною проблемою, оскільки її вирішення дозволить покращити результати оперативної ідентифікації принаймні основних мінерало-технологічних різновидів залізної руди певного родовища.

Ключові слова: ультразвук, зворотне розсіювання, вимірювання, методи, оцінка.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-3-10

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Згасання, швидкість розповсюдження та коефіцієнт зворотного розсіювання ультразвуку широко використовуються для характеристики багатьох мінеральних та органічних речовин. Порівняння методів вимірювання цих параметрів говорить про те, що стосовно згасання та швидкості поширення виходять добре порівнянні результати, але має місце значне розходження щодо вимірювань коефіцієнта зворотного розсіювання.

Існує кілька факторів, які можуть сприяти збільшенню дисперсії вимірювань зворотного розсіювання [1]. По-перше, вимірювання згасання та швидкості ультразвуку зазвичай виконуються у наскрізному режимі. При цьому зазвичай спостерігається відносно високе відношення сигнал/шум (SNR). Вимірювання коефіцієнта зворотного розсіювання виконуються в режимі ехо-імпульсу, відношення сигнал-шум у цьому випадку порівняно низьке. Менший SNR сприяє збільшенню дисперсії вимірювань. По-друге, існує набагато більша кількість апробованих та стандартизованих вимірювальних процедур та алгоритмів для оцінки коефіцієнта згасання та швидкості ультразвуку, ніж для коефіцієнта зворотного розсіювання. По-третє, математична складність алгоритмів обчислення коефіцієнта зворотного розсіювання, як правило, перевищує таку для коефіцієнта згасання та швидкості ультразвуку. Нарешті, методи вимірювання згасання та швидкості ультразвуку можуть бути ретельно протестовані шляхом виконання вимірювань на стандартних об'єктах (наприклад, металах, рідинах та ін.),

для яких відомі справжні значення. Посилання на коефіцієнти зворотного розсіювання стосовно таких поширених тест-об'єктів порівняно рідкісні (якщо взагалі існують). Це повною мірою стосується таких складних структур, якими є мінерали залізної руди. У той же час обґрунтування можливості використання параметрів зворотного ультразвукового розсіювання для формування ідентифікаційних характеристик зразків залізної руди в процесі її видобутку та переробки є важливою науково-практичною проблемою, оскільки її вирішення дозволить покращити результати оперативної ідентифікації при наймі основних мінералогічних різновидів залізної руди [2].

Аналіз досліджень і публікацій. Вплив поглинання та розсіювання на процес поширення ехо-сигналу, що приймається ультразвуковим датчиком, проявляється в сукупності як зменшення його амплітуди. Гірська порода є випадково неоднорідним середовищем, тому процес розсіювання ультразвуку в ній залежить від багатьох геометричних факторів, таких як розмір, форма і просторовий розподіл об'єктів, що розсіюють, а також від фізичних властивостей, таких як пружні характеристики і щільність матеріалу, з якого ці об'єкти складаються [3].

Кількісні оціночні параметри процесу розповсюдження розсіяного ультразвукового сигналу знайшли широке застосування у техніці, медицині та ін. галузях [4]. Характеристичні параметри ультразвукових вимірів можуть бути отримані шляхом параметризації обернено розсіяних ехо-сигналів з використанням форм-факторів [5]. Однак, у випадку, коли розмір розсіювальних утворень у зразку, що сканується, занадто малий або занадто великий в порівнянні з довжиною хвилі, отримувана інформація про їх властивості виявляється спотвореною [6,7]. Стосовно цих умов доцільно використовувати частотно-залежний аналіз зворотно розсіяних ехо-сигналів. У теорії та практиці ультразвукових вимірювань широко використовується така кількісна характеристика процесу розповсюдження ультразвуку як ефективний діаметр розсіювача (ESD). Для отримання ESD можна підігнати гаусову модель коефіцієнта зворотного розсіювання (BSC) за методом, описаним в роботі [8]. Однак у середовищах з різними розмірами розсіювачів параметризація BSC для отримання ESD не гарантує точних результатів [9]. З іншого боку, у роботі [10] повідомляється, що характер розподілу розміру розсіювачів впливає на оцінку ESD.

Відзначається вплив частоти зондувального ультразвукового сигналу на оцінку ESD, особливо коли діапазон розмірів розсіювачів широкий [11,12]. Отже, використання одного розміру як ESD, не дає повної картини мікроструктури предмета досліджень [9]. У роботі [13] підкреслюється взаємозв'язок форми та розподілу розсіювачів за розмірами і частотними характеристиками зонduючого сигналу. Вплив розподілу агрегатів за розмірами на параметри зворотного розсіювання досліджено у таких публікаціях, як [14,15]. Робиться висновок, що аналіз розподілу розсіювачів за розмірами дозволяє сформулювати характеристичні ознаки мікроструктури зразка. У роботі [16] пропонується метод оцінки розподілу розсіювачів за розмірами, який включає виявлення вкладу кожного розсіювача індивідуально у BSC. Пропонований метод перевірявся з використанням чотирьох змодельованих фантомів з різними розподілами. Зроблено висновок про те, що запропонований підхід дозволяє точно оцінити розподіл розсіювачів за розміром. У роботі [17] пропонується метод вимірювання зворотного розсіювання шляхом моделювання поля перетворювача. Однак застосування цього підходу утруднено при використанні сканера зі складною діаграмою спрямованості, що виникає через динамічну апертуру.

Таким чином, для оцінки структурних і текстурних особливостей мінеральних різновидів залізняка доцільно розглянути можливість використання частотної залежності обернено розсіяних ультразвукових сигналів у сканованих зразках гірської породи.

Постановка завдання. Завданням дослідження є аналіз методів оцінки параметрів процесу зворотного розсіювання ультразвукових хвиль для визначення можливості їх використання в процедурі ідентифікації мінеральних різновидів залізної руди.

Викладення матеріалу і результати. Існує три основні підходи при аналізі акустичних сигналів. Кожен метод застосовується як при моделюванні, так і для обробки експериментальних даних [18]. Основна відмінність між методами полягає в тому, чи виконується аналіз сигналу у часовій або частотній області.

Метод статистики огинаючої моделює амплітуду огинаючої прийнятих сигналів за допомогою статистичного розподілу. Характеристики розподілу залежать від фізичного розміру, концентрації та просторового розподілу розташованих у зразку структур [19]. Амплітуда оги-

науючі сигналів порівнюється з трьома статистичними розподілами: Релея, узагальненого гамма-розподілу та розподілу Накагамі. Повністю розвинений спекл вважається встановленим, коли відношення середнього значення дисперсії амплітуди (також відоме як відношення спекл-сигналу до шуму, SNR) дорівнює 1,91 [20]. Відповідні параметри кожного розподілу реєструються в залежності від розміру та концентрації поглиначів.

Метод частотної спектроскопії заснований на аналізі частотного складу сигналів, що змінюється в залежності від розміру та форми поглинаючих структур [21]. Спектральний нахил (SS) нормалізованої або необмеженої смуги спектру потужності розраховується за допомогою лінійної регресії в межах смуги частот перетворювача -6 дБ. Нормалізовані спектри потужності визначають або з частотних спектрів сигналу без обмеження смуги пропускання у разі моделювання, або шляхом нормалізації спектрів потужності за спектрами, отриманими з еталонного сигналу для експериментів. Цей підхід аналогічний тому, що використовується при ультразвуковій характеристиці біологічних зразків [22]. Прямая лінія може бути підігнана до результатуючих нормалізованих спектр використовуює частотний склад сигналів з метою оцінки відстані між поглиначами [23]. Кепстр – це зворотне перетворення Фур'є від натурального логарифму квадрата спектральної густини сигналу і в межах смуги пропускання перетворювача -6 дБ, щоб отримати спектральні параметри

$$PS_{fit}(f) = SS \times f + Y_{int}, \quad (1)$$

де PS_{fit} є результатом виконання лінійної регресії за нормалізованими спектрами, SS - спектральний нахил, виміряний в дБ/МГц, а Y_{int} являє собою точку перетину осі Y прямою підлаштування, виміряну в дБ.

Метод кепстрального аналізу

$$C(q) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \ln |X(jw)|^2 \exp(jwq) dw, \quad (2)$$

де $X(jw) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(t) \exp(-jw t) dt$, q - кепстральний час.

Цей метод дозволяє рознести енергетичні сплески аналізованого сигналу та шумові процеси по осі кепстрального часу. Положення домінуючого (першого) кепстрального піку може бути перетворено на фізичну відстань з урахуванням швидкості ультразвуку в середовищі.

Далі розглянуто основні методи, що реалізують наведені підходи при аналізі розсіяних імпульсних ультразвукових сигналів.

Подання будь-якого сигналу в часовій та частотній областях пов'язане парою перетворення Фур'є

$$P(w) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} p(t) \exp(iwt) dt; \quad (3)$$

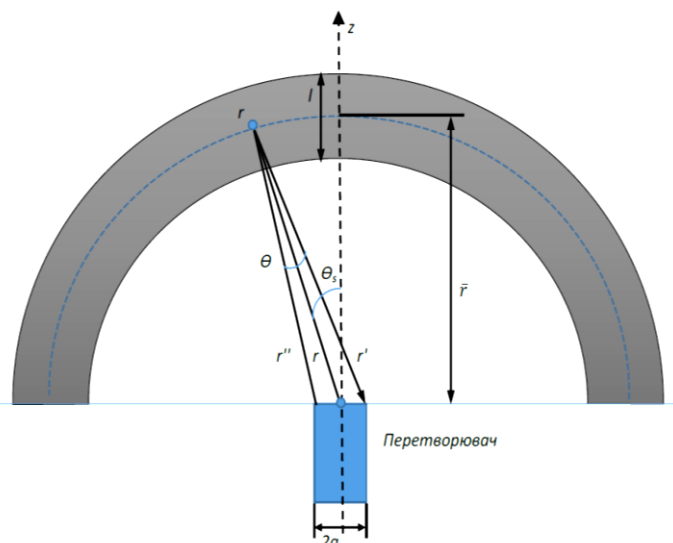
$$p(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P(w) \exp(-iwt) dw, \quad (4)$$

де $w = 2\pi f$ - кутова частота акустичної хвилі.

Геометрія типової вимірювальної системи показана на рис. 1, де розсіювачі ультразвуку знаходяться в середовищі, властивості якого відмінні від властивостей цих розсіювачів [24].

Рис. 1. Геометрія типової вимірювальної системи із застосуванням зворотно розсіяних ультразвукових хвиль

Навколишнє середовище має щільність ρ_0 та швидкість звуку c_0 . У загальному випадку c_0 є комплексним, тому хвильове число $k = w/c_0$ також є комплексним. У режимі передачі на поверхню перетворювача наводяться коливання електричним збудженням, отже нормальний розподіл швидкості на поверхні перетворювача дорівнює $U_T(\mathbf{r}_T; w)$. Поле тиску, що падає на $\mathbf{r}$, позначається $P_{in}(\mathbf{r}; w)$ і в частотній області може бути визначено таким чином



$$P_{in}(\mathbf{r}; w) = P_0(w) D_T(\mathbf{r}; w), \quad (5)$$

де $P_0(w) = p_{oco} U(w)$ - характерна амплітуда тиску на поверхні перетворювача, $U(w)$ - амплітуда загальної нормальної швидкості на поверхні перетворювача, а $D_T(\mathbf{r}; w)$ - діаграма спрямованості, яка визначається як

$$D_T(\mathbf{r}; w) = \frac{-ik}{2\pi} \iint_{S_T} \frac{U_T(\mathbf{r}_T; w)}{U(w)} \frac{\exp(ikr'_T)}{r'_T} dS(\mathbf{r}_T). \quad (6)$$

Для перетворювача, виконаного за технологією фазованої решітки у цьому виразі величину $U_T(\mathbf{r}_T; w)/U(w)$ можна розглядати як відносну чутливість та фазову затримку кожного елемента перетворювача, а $r'_T = |\mathbf{r} - \mathbf{r}_T|$ - як відстань від точкового джерела на поверхні перетворювача до точки спостереження. Використовуючи це визначення діаграми спрямованості, перетворювач можна сфокусувати геометрично або динамічно за допомогою фазових затримок його елементів.

Точні вимірювання зворотного ультразвукового розсіювання та коефіцієнтів загасання можуть бути виконані з використанням методу еталонного фантому [25]. При реалізації цього методу сигнали реєструються від розсіювачів у зразку. Потім при ідентичних налаштуваннях приладу також записуються сигнали від еталонного фантому, що має швидкість звуку, приблизно таку ж, як у зразка, і має відомі властивості згасання і зворотного розсіювання.

Нехай $|S_s(f, z)|^2$ - значення спектра потужності ехо-сигналу на глибині z і частоті f від зразка, а $|S_r(f, z)|^2$ - спектр потужності з тієї ж глибини в еталонному фантомі [26]. Припускаючи, що інструментарій та параметри променю мають однаковий вплив на сигнал від обох середовищ, відношення спектрів потужності ехо-сигналу може бути виражене як

$$\frac{|S_s(f, z)|^2}{|S_r(f, z)|^2} = \frac{BSC_s(f)}{BSC_r(f)} \exp\{-4z(\alpha_s(f) - \alpha_r(f))\}, \quad (7)$$

де $BSC(f)$ та α - коефіцієнти зворотного розсіювання і згасання на частоті f ; індекси s та r відносяться до зразка та еталонного середовища відповідно.

Відношення спектра потужності від зразка до спектру еталонного середовища береться як функція глибини, і виходить натуральний логарифм цього відношення від глибини. Нахил графіка залежності пропорційний різниці коефіцієнтів ослаблення зразка та зразка. Оскільки останнє відомо, це дає коефіцієнт загасання зразка. Для однорідного середовища наведене вище рівняння може бути вирішено відповідно залежності коефіцієнта зворотного розсіювання від частоти.

Метод вимірювання коефіцієнта зворотного розсіювання η об'єму, що містить випадковий розподіл розсіювачів вперше запропонований в роботі [27]. Це метод заміщення, при якому середньоквадратичне значення стробованого зворотно розсіяного сигналу порівнюється з середньоквадратичним значенням відбитого сигналу від розсіювача, розташованого на тій же відстані, що і перетворювач від розсіюючого об'єму. Відношення цих двох величин дає коефіцієнт зворотного розсіювання. Зразок озвучується синусоїдальним імпульсом вузькосмугового планарного перетворювача. Фактичний обсяг променю (тобто обсяг розсіювачів, які роблять значний внесок у зворотно розсіяний сигнал) визначається по латералі шириною -3 дБ ультразвукового променю, а по осі - часовим вікном. У цьому наближенні поле вважається постійним у середині певного циліндричного об'єму.

Вираз коефіцієнта зворотного розсіювання розсіюючого об'єму визначається як η

$$\eta = \frac{P_s}{P_i} \frac{R^2 K^2}{V_s \Gamma^4 A(f)}, \quad (8)$$

$$A(f) = \left(\frac{e^{\tau c \alpha} - e^{-\tau c \alpha}}{2 c \alpha \tau} \right) \left(\frac{e^{-2 c \alpha t_1} - e^{-c \alpha t_2}}{2 c \alpha \Delta t} \right), \quad (9)$$

$$V_s = \frac{1}{2} S c (t_2 - t_1), \quad (10)$$

де P_s - середня акустична потужність зворотного розсіювання, а P_i - падаюча потужність, V_s - розсіюючий об'єм, $A(f)$ - функція корекції згасання для зразка, S - поперечний переріз об'єму, що розсіює, $\Delta t = t_2 - t_1$ - тривалість вікна стробування, Γ - коефіцієнт передачі акустичного тиску між зразком та навколишнім середовищем, K - коефіцієнт відображення тиску на межі розділу зразок - навколишнє середовище. τ - тривалість імпульсу, R - відстань від перетворювача до центру об'єму розсіювання, α - коефіцієнт загасання, c - швидкість поширення ультразвуку у зразку.

Нове формулювання для обробки даних коефіцієнта зворотного розсіювання було запропоновано у роботі [28]. Це формулювання не має обмежень на положення розсіюючого об'єму та площини відбивача щодо перетворювача. Дифракційна функція перетворювача строго розраховується, а потім апроксимується у разі плоского чи фокусуєного перетворювача.

Крім того, метод, запропонований у роботі [27], може бути отриманий з цього формулювання у разі плоского перетворювача. Цей підхід дозволив вивести вираз коефіцієнта зворотного розсіювання [29]. Якщо помістити базову площину на половині відстані між центром перетворювача і об'ємом, що розсіює, $z_{ref} = R/2$, вийде

$$\eta(w) \cong \frac{\langle |V_s(r \in V; w)|^2 \rangle}{|\bar{V}_{ref}(z_{ref}; w)|^2} \frac{K^2(k\alpha)^2 \left(\frac{R}{r_0}\right)^2}{\Gamma^2(w) A(R; w) 4\pi^3 l E_\infty} \times \exp\left[-\left(\frac{2}{\pi}\right)\left(\frac{R}{2r_0}\right)^{0,5}\right] \exp[-E_\infty \pi (R/r_0)^2], \quad (11)$$

де $\langle |V_s(r \in V; w)|^2 \rangle$ - середня амплітуда спектра відбитих сигналів, $|\bar{V}_{ref}(z_{ref}; w)|^2$ - амплітуда спектру сигналу, відбитого від еталонної площини, $E_\infty = 0,46$, R - відстань між перетворювачем і центром об'єму, що розсіює, $r_0 = ka^2/2\pi$, k - хвильовий вектор, a - радіус перетворювача, $l = c\Delta t/2$ - довжина об'єму, що розсіює, Δt - тривалість строга, $A(R; \omega)$ - функція корекції згасання.

У разі, коли загасання в речовині, в якій знаходиться зразок, незначне, функція корекції згасання набуває вигляду

$$A(r \in V; w) \cong \exp[-4\alpha(R - r_i)] \times \frac{\exp[2\alpha l] - \exp[-2\alpha l]}{4\alpha l} \times \frac{\exp[2\alpha \Delta t c] - \exp[-2\alpha \Delta t c]}{4\alpha \Delta t c}, \quad (12)$$

де r_i - відстань між гранню перетворювача та передньою гранню зразка.

У тому випадку, коли в акустичному полі присутній розподіл дискретних розсіювачів, ехо-сигнал, що приймається, є сумою окремих ехо-сигналів, тобто [28]

$$\bar{P}_s(\mathbf{r}_j; w) = \sum_{j=1}^N \bar{P}_s(\mathbf{r}_j; w) = P_0(w) \sum_{j=1}^N D^2(\mathbf{r}_j; w) \left[\frac{2\pi i \Phi_s(\mathbf{r}; w)}{k S_R} \right], \quad (13)$$

де $\Phi_s(\mathbf{r}; w) = \frac{1}{3} k^2 a_s^3 (\gamma_k - \gamma_\rho)$ - функція амплітуди зворотного розсіювання окремого розсіювача.

Коли розсіювачі розподілені випадковим чином, потужність розсіювання від області розсіювання може бути отримана з використанням тієї ж процедури, що і для розсіювання від неоднорідності. Для дискретних розсіювачів маємо

$$\gamma_{kr}(\mathbf{r}) = \begin{cases} \gamma_k - \gamma_\rho, & \text{всередині розсіювача} \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}. \quad (14)$$

Нехай n_0 - числова щільність розсіювачів, тоді для елементарного об'єму dV маємо $n_0 dV$ розсіювачів. Автокореляційну функцію $\gamma_{kr}(\mathbf{r})$ можна знайти з геометричних міркувань

$$\langle \gamma_{kr}(\mathbf{r}) \gamma_{kr}(\mathbf{r} + \mathbf{r}_\Delta) \rangle = \left(\frac{4}{3} \pi a_s^3 \right) n_0 (\gamma_k - \gamma_\rho)^2 \times \begin{cases} \left(1 - \frac{3|r_\Delta|}{4a_s} + \frac{|r_\Delta|^3}{16a_s^3} \right), & 0 \leq |r_\Delta| \leq 2a_s \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases} \quad (15)$$

де $\left(\frac{4}{3} \pi a_s^3 \right) n_0$ - об'ємна частка всіх дискретних розсіювачів.

Значенням автокореляційної функції при $|r_\Delta| = 0$ є середньоквадратичне значення контрасту стисливості-щільності. За умови $ka_s \ll 1$ коефіцієнт зворотного розсіювання структури з дискретно розподілених розсіювачів визначається виразом

$$\eta(w) = n_0 \sigma_d(w), \quad (16)$$

де $\sigma_d(w) = |\Phi_s(\mathbf{r}; w)|^2$ - диференціальний поперечний переріз зворотного розсіювання кожного окремого розсіювача.

Рівняння (16) показує, що коефіцієнт зворотного розсіювання є середнім поперечним перерізом зворотного розсіювання на одиницю об'єму.

Параметри, що описують модель спектра Гауса зворотно розсіяного ультразвукового сигналу (амплітуда, центральна частота та ширина смуги пропускання), можуть бути використані для оцінки характеристик середовища. У роботі [30] робиться висновок, що два оціночні параметри: центральна частота і ширина смуги пропускання значною мірою постійні в залежності від конче-

нтрації твердої фази суспензії, але вони значно відрізняються для дрібно гранульованих (зразок №1) і велико гранульованих частинок, що входять до неї (зразок № 2). Це добре узгоджується з очікуванням, що спектральні властивості зворотного розсіювання змінюються залежно від середнього розміру частинок. На рис. 2 наведено двовимірний простір цих параметрів.

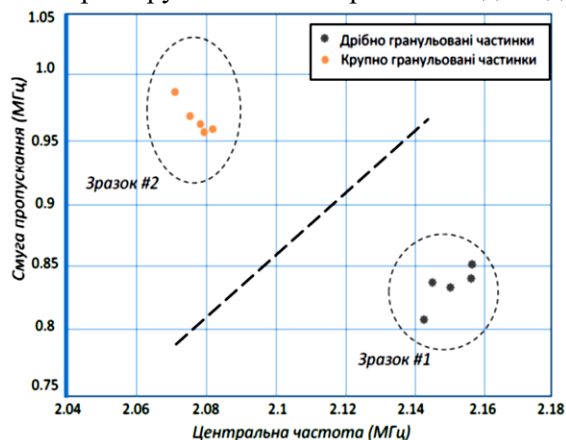


Рис. 2. Двовимірний простір параметрів (смуга пропускання по центральній частоті): кластеризація точок даних для двох зразків №1 та №2 відповідно

Точки даних на рис. 2 для різної концентрації утворюють окремі та такі, що не перекриваються, кластери для двох різних зразків. Відповідно, можна провести різницю між цими двома зразками, тобто два параметри дозволяють класифікувати фактично даний тип зразка. Інтенсивність $I = A^2$ зворотного розсіяних ультразвукових хвиль визначається за оціночною амплітудою A (отриманою з моделі спектра Гауса) у кожному окремому випадку. Пропонується оцінювати

концентрацію частинок у суспензії за величиною виміряної інтенсивності, використовуючи ці результати як довідкові дані в процесі калібрування системи. Однак проблема полягає в тому, що фактично заданий тип суспензії (дрібно- або великорозмірні частинки) повинен бути ідентифікований заздалегідь, для того, щоб знати, яку з калібрувальних кривих слід використовувати.

У більш загальному випадку, досліджуване невідоме структурно неоднорідне середовище може бути охарактеризовано щодо розміру складових її частинок на основі центральної частоти і ширини смуги пропускання спектра розсіяного ехо-сигналу, а концентрація частинок може бути оцінена на основі виміряної його інтенсивності. У будь-якому випадку дані, отримані з використанням еталонних зразків, необхідні для калібрування вимірювальної системи для врахування фактичних передавальних характеристик ультразвукових перетворювачів, що використовуються.

Висновки та напрямки подальших досліджень. У практиці ультразвукових вимірювань застосовуються три основні підходи при аналізі сигналів, що приймаються. Методи, які реалізують ці підходи, застосовується як при моделюванні, так і для обробки отриманих експериментальних даних. Основна відмінність між ними полягає в тому, чи виконується аналіз сигналів у часовій або частотній області. У поєднанні ці методи можуть використовуватися для оцінки варіацій концентрації та розміру неоднорідностей у досліджуваному середовищі.

Існуючі моделі розсіювання ультразвуку дозволяють з інформації, що міститься в спектральній характеристиці розсіяного сигналу, одержати числові параметри, що описують кількість розсіювачів та їхній просторовий розподіл, тобто. охарактеризувати структурні та текстурні особливості досліджуваних зразків.

Таким чином, параметри зворотного ультразвукового розсіювання доцільно використовувати для формування ідентифікаційних характеристик зразків залізної руди у процесі її видобутку та переробки.

Напрямом подальших досліджень слід вважати розробку комплексу програмно-технічних засобів ідентифікації мінералого-технологічних різновидів залізняку на основі результатів вимірювань характеристичних параметрів процесу поширення ультразвуку в гірських породах.

Список літератури

1. Keith A. Wear, Timothy A. Stiles, Gary R. Frank, Ernest L. Madsen ...+11 more authors. Interlaboratory comparison of ultrasonic backscatter coefficient measurements from 2 to 9 MHz. - 2005 - Journal of Ultrasound in Medicine. DOI:10.7863/JUM.2005.24.9.1235.
2. Morkun V., Morkun N., Pikilniak A. The Propagation of Ultrasonic Waves in Gas-containing Suspensions. Cambridge Scholars Publishing - 2019, 130 p.
3. Morkun, V., Fischerauer, G., Morkun, N., Tron, V., Haponenko, A. Determining Rock Varieties on The Basis of Fuzzy Clustering of Ultrasonic Measurement Results. (2022). CEUR Workshop Proceedings. 3156, c. 274-283.

4. **Noushin Jafarpisheh, Ivan M. Rosado-Mendez Timothy J. Hall Hassan Rivaz.** Estimation of the Scatterer Size Distributions in Quantitative Ultrasound Using Constrained Optimization. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.09900>.
5. **M. F. Insana and T. J. Hall,** "Characterising the microstructure of random media using ultrasound," *Phys. Med. Biol.*, vol. 35, no. 10, p. 1373, 1990.
6. **M. F. Insana, R. F. Wagner, D. G. Brown, and T. J. Hall,** "Describing small-scale structure in random media using pulse-echo ultrasound," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 87, no. 1, pp. 179–192, 1990.
7. **Y. Zhu, A. Han, W. D. O'Brien Jr, M. L. Oelze, and M. F. Insana,** "Limitations on estimation of effective scatterer diameters," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 142, no. 6, pp. 3677–3690, 2017.
8. **A. Gerig, J. Zagzebski, and T. Varghese,** "Statistics of ultrasonic scatterer size estimation with a reference phantom," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 113, no. 6, pp. 3430–3437, 2003.
9. **R. Lavarello and M. Oelze,** "Quantitative ultrasound estimates from populations of scatterers with continuous size distributions: Effects of the size estimator algorithm," *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 59, no. 9, pp. 2066–2076, 2012.
10. **R. J. Lavarello and M. L. Oelze,** "Assessment of the effects of scatterer size distributions on effective scatterer diameter estimates," in *2010 IEEE International Ultrasonics Symposium*, 2010, pp. 732–735.
11. **R. Lavarello and M. Oelze,** "Quantitative ultrasound estimates from populations of scatterers with continuous size distributions," *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 58, no. 4, pp. 744–753, 2011.
12. **E. P. Nordberg and T. J. Hall,** "Effective scatterer diameter estimates for broad scatterer size distributions," *Ultrason. Imaging*, vol. 37, no. 1, pp. 3–21, 2015.
13. **R. K. Saha and M. C. Kolios,** "Effects of cell spatial organization and size distribution on ultrasound backscattering," *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 58, no. 10, pp. 2118–2131, 2011.
14. **D. Savéry and G. Cloutier,** "Effect of red cell clustering and anisotropy on ultrasound blood backscatter: A Monte Carlo study," *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 52, no. 1, pp. 94–103, 2005.
15. **I. Fontaine, D. Savéry, and G. Cloutier,** "Simulation of ultrasound backscattering by red cell aggregates: Effect of shear rate and anisotropy," *Biophys. J.*, vol. 82, no. 4, pp. 1696–1710, 2002.
16. **M. F. Insana and T. J. Hall,** "Parametric ultrasound imaging from backscatter coefficient measurements: image formation and interpretation," *Ultrason. Imaging*, vol. 12, no. 4, pp. 245–267, 1990.
17. **E. L. Madsen,** in *Ultrasonic scattering in biological tissues*, edited by K. K. Shung and G.A. Thieme (CRC press, Boca Raton, FL, 1993), pp. 206–248.
18. **Eno Hysi, Muhannad N.Fadhel, Michael J.Moore, JasonZalev, Eric M.Strohm, Michael C.Kolios.** Insights into photoacoustic speckle and applications in tumor characterization. - Photoacoustics, Volume 14, June 2019, Pages 37–48.
19. **Shankar P.M.** A general statistical model for ultrasonic backscattering from tissues. *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*. 2000;47(3):727–736.
20. **Foster D.R., Arditi M., Foster F.S., Patterson M.S., Hunt J.W.** Computer simulations of speckle in B-Scan images. *Ultrason. Imaging*. 1983;5(October (4)):308–330.
21. **Diebold G.J., Khan M.I., Park S.M.** Photoacoustic 'signatures' of particulate matter: optical production of acoustic monopole radiation. *Science*. 1990;250(October (4977)):101–104.
22. **Lizzi F.L., Ostromogilsky M., Feleppa E.J., Rorke M.C., Yaremko M.M.** Relationship of ultrasonic spectral parameters to features of tissue microstructure. *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*. 1987;34 (May (3)):319–329.
23. **Wear K.A., Wagner R.F., Insana M.F., Hall T.J.** Application of autoregressive spectral analysis to cepstral estimation of mean scatterer spacing. *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*. 1993;40(January (1)):50–58.
24. The measurement of backscatter coefficient from a broadband pulse-echo system: A new formulation. - Article in *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control* · April 1997. DOI: 10.1109/58.585136 · Source: IEEE Xplore
25. **L. X. Yao, J. A. Zagzebski, and E. L. Madsen,** *Ultrasonic Imaging* 12, 58–70 (1990).
26. **James A. Zagzebski1, Ivan M. Rosado-Mendez1, Haidy Gerges Nasief, Timothy J. Hall.** Quantitative ultrasound: Enhancing diagnosis using estimates of acoustic attenuation and backscatter. - Cite as: AIP Conference Proceedings 1747, 050001 (2016); <https://doi.org/10.1063/1.4954108>
27. **R.A. Sigelman, J.M. Reid,** "Analysis and measurement of ultrasound backscattering from an ensemble of scatterers excited by sine-wave bursts", *J. Acoust. Soc. Am.* 53, 1351- 1355(1973)
28. **X. Chen, D. Phillips, K.Schwarz and al,** "The measurement of backscatter coefficient from a broadband pulse-echo system: A new formulation", *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control* 44, 515-525.(1997).
29. **N. Houhat and T. Boutkedjirt.** Frequency and concentration dependence of the ultrasonic backscatter coefficient in a soft tissue mimicking material. - Proceedings of the Acoustics 2012 Nantes Conference. - 23-27 April 2012, Nantes, France. 238-242 p.
30. **Michael Vogt, Michael Deilmann.** Parametric Spectrum Analysis of Backscattered Ultrasound Signals for the Characterization of Particles in Suspensions. - GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2019. DOI 10.5162/sensoren2019/5.3.3

О.С. ВОДЕННИКОВА, канд. техн. наук, доц., Запорізький національний університет
М.О. КОВАЛЬ, інж.-конструктор, Компанія «Прогрестех-Україна»
С.А. ВОДЕННИКОВ, д-р техн. наук, проф., Національний університет «Запорізька політехніка»

ВИГОТОВЛЕННЯ АВІАЦІЙНОЇ ДЕТАЛІ «ЗАВИХРУВАЧ» З ЖАРОМІЦНОГО НІКЕЛЕВОГО СПЛАВУ INCONEL 718 ЗА ДОПОМОГОЮ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Мета. Метою роботи є виготовлення («виращування») деталі «Завихрувач» зі сплаву Inconel 718 за допомогою технології селективного лазерного спікання.

Методи досліджень. Процес адитивного виробництва авіаційної деталі «Завихрувач» характеризувався послідовністю операцій: побудова цифрової 3D-моделі → вибір адитивної технології (технології селективного лазерного спікання) та її реалізація → отримання готової деталі. Побудова цифрової 3D-моделі деталі здійснювалася з використанням програми Unigraphics NX 7.5. Технологія селективного лазерного спікання апробувалася на 3D-принтері типу EOS M400 з використанням в якості вихідних порошкових матеріалів металевих порошоків на основі нікелю компанії Sino-Euro Materials Technologies of Xi'an Co., Ltd. («Sino Euro», Китай) та LPW Technology, Ltd («LPW», Великобританія). Дослідні зразки піддавалися операції гарячого ізостатичного пресування з наступною термообробкою відповідно до норм на авіаційно-космічні матеріали ASM 5662M. Хімічний склад сплаву Inconel 718 визначали методом спектрального та хімічного аналізів.

Наукова новизна. Набула подальшого розвитку концепція виготовлення авіаційних деталей зі сплаву Inconel 718 за допомогою технології селективного лазерного спікання з застосуванням тривимірної цифрової моделі (CAD/CAM/CAE-системи).

Практичне значення. Результати досліджень виготовлення деталі «Завихрувач» зі сплаву Inconel 718 за допомогою технології селективного лазерного спікання можуть використовуватися як прототип для виготовлення різних авіаційних деталей, наприклад, деталі «Охолоджуваний сопловий апарат турбіни» як в умовах АТ «Мотор Січ», так і в умовах ДП «Івченко-прогрес».

Результати. Встановлено, що процес виготовлення авіаційної деталі «Завихрувач» з жароміцного нікелевого сплаву Inconel 718 за технологією селективного лазерного спікання характеризуються меншими числом технологічних операцій (зменшуються витрати на оснащення і додаткову механічну обробку) та спрощується прототипування виробів. При цьому виготовлена деталь «Завихрувач» володіє на 12–17 % меншою масою в порівнянні з її металевим аналогом.

Ключові слова: жароміцні сплави, авіаційні деталі, адитивне виробництво, 3D-друк, технологія селективного лазерного спікання, Inconel 718, 3D-модель.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-10-15

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Забезпечення експлуатаційної надійності та довговічності авіаційних деталей залишається актуальною проблемою сучасного прикладного матеріалознавства. Так покращення якості та експлуатаційних властивостей металевих виробів (деталей) представляється можливим удосконаленням технології їх виробництва, зокрема з застосуванням сучасних 3D-технологій, та застосуванням нових матеріалів. З розвитком «Четвертої промислової революції» або «Індустрії 4.0» («Industrie 4.0») адитивне виробництво (Additive Manufacturing) стає пріоритетною та «гарячою» темою для різних дослідницьких сфер. Зокрема згідно досліджень [1] «Індустрія 4.0» ґрунтується на дев'яти розробках (результатів) технічного прогресу, серед яких адитивне виробництво (ISO/ASTM Standard 52921-13 [2]) займає восьме місце. Адитивні технології роблять процес топологічної оптимізації конструкцій найбільш ефективним, дозволяючи виробляти конструкції практично будь-якої геометричної форми [3].

Тому у роботі запропоновано розглянуто як альтернативу традиційним методам отримання авіаційних деталей застосування адитивного виробництва, яке дозволяє за даними тривимірної цифрової моделі (CAD/CAM/CAE-системи) створювати складнопрофільні конструкції з високими механічними та експлуатаційними характеристиками.

Аналіз досліджень і публікацій. Відомо, що жароміцні нікелеві сплави широко використовуються для деталей ракетних та авіаційних газотурбінних двигунів, до яких висувають наступні вимоги [4]: висока щільність і герметичність, відсутність пористості, стабільність розмірів, високий комплекс фізико-механічних характеристик, жароміцність, жаротривкість та довговічність. Безпосередньо для жароміцних нікелевих сплавів, комплекс механічних властивос-

тей яких визначається термічною обробкою, що викликає дисперсійне твердіння, надзвичайно важливо забезпечувати належну термічну обробку, що включає аустенізацію і теплове старіння при певних температурах. Властивості таких сплавів можуть значно змінюватися при дії на них температур, що призводять до зміни усталеного при старінні рівноваги різних фаз [5].

При виготовленні авіаційних деталей широкого застосування набув жароміцний сплав Inconel 718 (Alloy 718, UNS N07718, 2.4668). Inconel 718 володіє підвищеною міцністю та корозійною стійкістю, в поєднанні з простою оброблюваністю і легкістю зварюваності, при цьому серед його основних властивостей слід виділити невідчужуваність корозійним пошкодженням на ділянках зварних швів та велику міцність на розрив при температурних режимах, що досягають 700 °C [6].

Принцип 3D-друку – це створення об'єкту шляхом пошарового нанесення матеріалу, поступово повторюючи контури виробу. Фактично це повна протилежність стандартним методам – фрезеруванню та тошінню, де деталь формується за рахунок видалення зайвої частини заготівлі (рис. 1) [7].

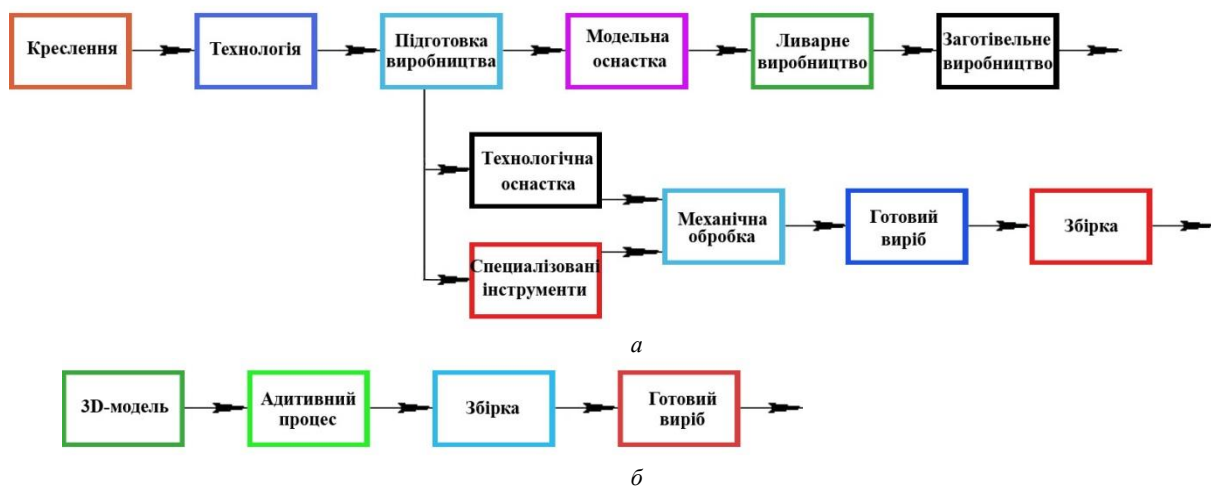


Рис. 1. Порівняння етапів виготовлення деталі згідно традиційного (а) та адитивного (б) виробництва

За допомогою адитивного виробництва, зокрема технології селективного лазерного спікання (Selective Laser Sintering (SLS)) представляється можливим вирішення широкого спектру завдань: від швидкого прототипування до виробництва в малих обсягах, виготовлення обмежених пробних партій або створення виробів на замовлення [8]. При цьому слід зазначити переваги SLS [9]: велика область побудови в 3D-принтерах, висока якість 3D-друку, відсутність необхідності в побудові підтримок, висока швидкість і продуктивність, можливість виготовлення готових виробів.

Постановка завдання. Метою роботи є виготовлення («вирощування») деталі «Завихрувач» зі сплаву Inconel 718 за допомогою технології селективного лазерного спікання.

Викладення матеріалу та результати. У роботі розглядається можливість за допомогою адитивного виробництва виготовлення авіаційних деталей (зокрема деталі «Завихрувач») зі жароміцного нікелевого сплаву Inconel 718. Процес «вирощування» авіаційної деталі «Завихрувач» за технологією селективного лазерного спікання передбачає передачу віртуальної геометричної моделі на обладнання, яке потім перетворює її в готовий виріб.

Спочатку було побудовано цифрову 3D-модель, використовуючи програму Unigraphics NX 7.5 [10, 11]. Створюване геометричне тіло – деталь «Завихрувач» відноситься до твердого тіла, при цьому моделювання представляє собою створення замкнутого геометричного об'єкту, що описує геометрію деталі. Для цього використовуються примітиви, одержувані витягуванням та обертанням плоских контурів, конструктивні елементи та логічні операції комбінування тіл.

Побудова тривимірної моделі деталі у середовищі NX7.5 починається з створення ескізу деталі (рис. 2), використовуючи команду «Ескіз у середовищі задач» («Sketch in Task Environment»).

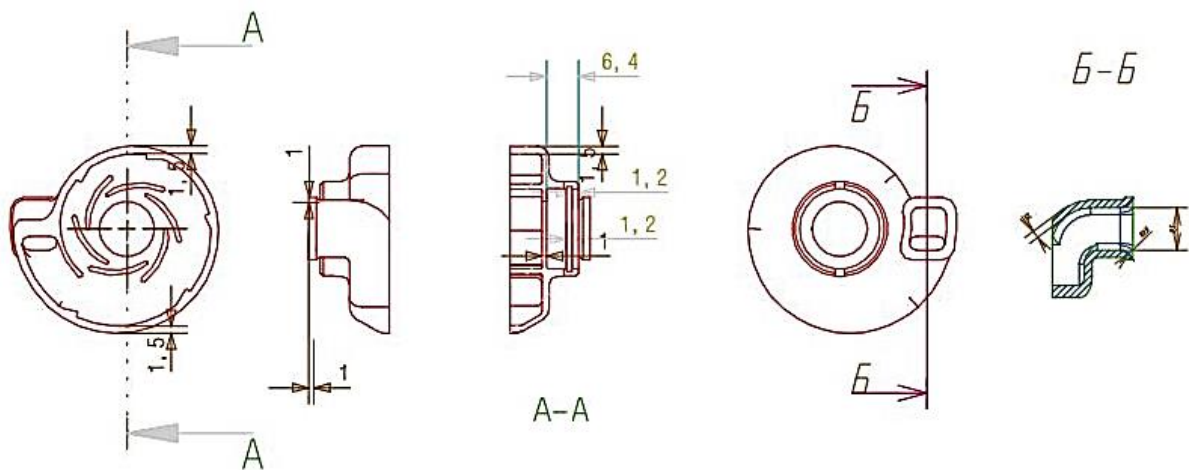


Рис. 2. Ескіз авіаційної деталі «Завихрувач», зроблений в програмі Unigraphics NX 7.5

Побудова цифрової 3D-моделі (рис. 3) дозволяє виконати моделювання деталі «Завихрувач» в напрямках X, Y, Z. В якості вихідних даних для побудови цифрової 3D-моделі використовували значення геометричних розмірів серійної деталі, температурний режим роботи вузла, показники жаростійкості, жароміцності, теплопровідності сплаву та інші показники. При використанні команди «Обертання» («Revolve») необхідно вказати ось повернення і точку початку для отримання тіла повороту поворотом на заданий кут вибраного ескізу (рис. 4). Під час проєктування вносилися зміни у вихідну геометрію через дерево побудов. Практично всі операції в дереві побудов моделей базуються на одному або кількох попередніх елементах, як явно, так і неявно. З однієї сторони це дає використовувати всі переваги параметризації, а з іншої – непередумана прив'язка елементів друг на друга може виправити логіку побудов моделі. По завершенні до моделі деталі «Завихрувач» проводиться перевірка з використанням візуальних звітів. Після завершення перевірки заповнюється список у розділі «Результати» («Preview»), а на зображенні моделей у графічній області з'являються графічні теги із зображенням результатів.

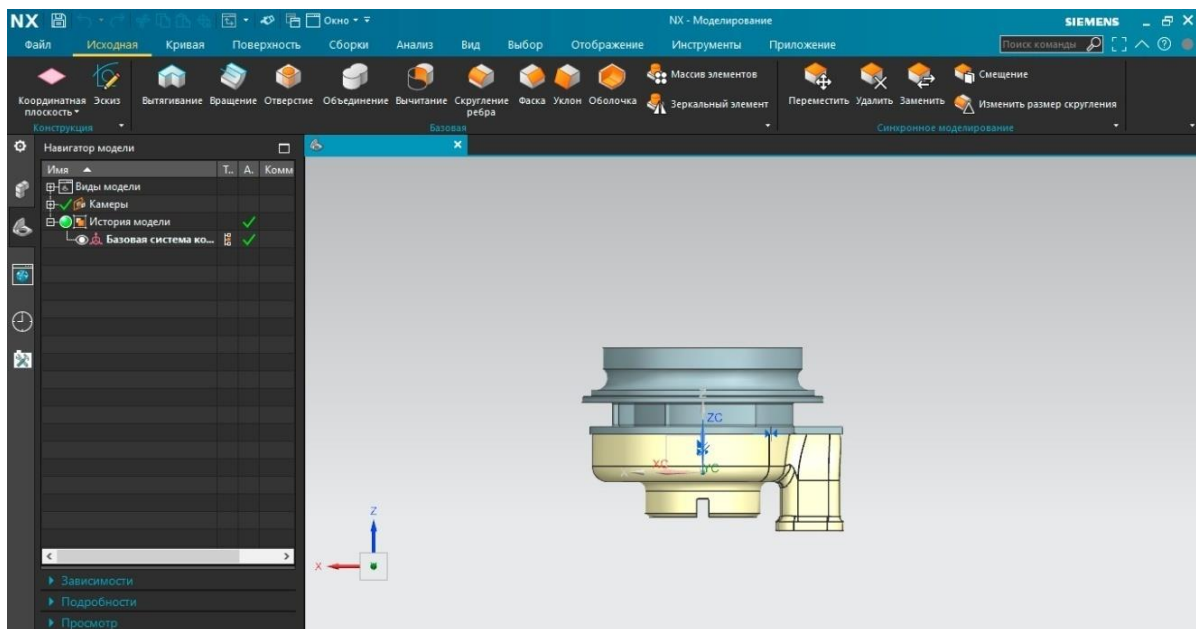


Рис. 3. Побудова цифрової 3D-моделі авіаційної деталі «Завихрувач» (деталь у збірці) у програмі Unigraphics NX 7.5

Експериментальні дослідження проводили в умовах АТ «Мотор Січ» (м. Запоріжжя), використовуючи 3D-принтер типу EOS M400. В якості вихідних порошкових матеріалів використовували металеві порошки на основі нікелю компаній Sino-Euro Materials Technologies of Xi'an Co., Ltd. («Sino Euro», Китай) та LPW Technology, Ltd («LPW», Великобританія).

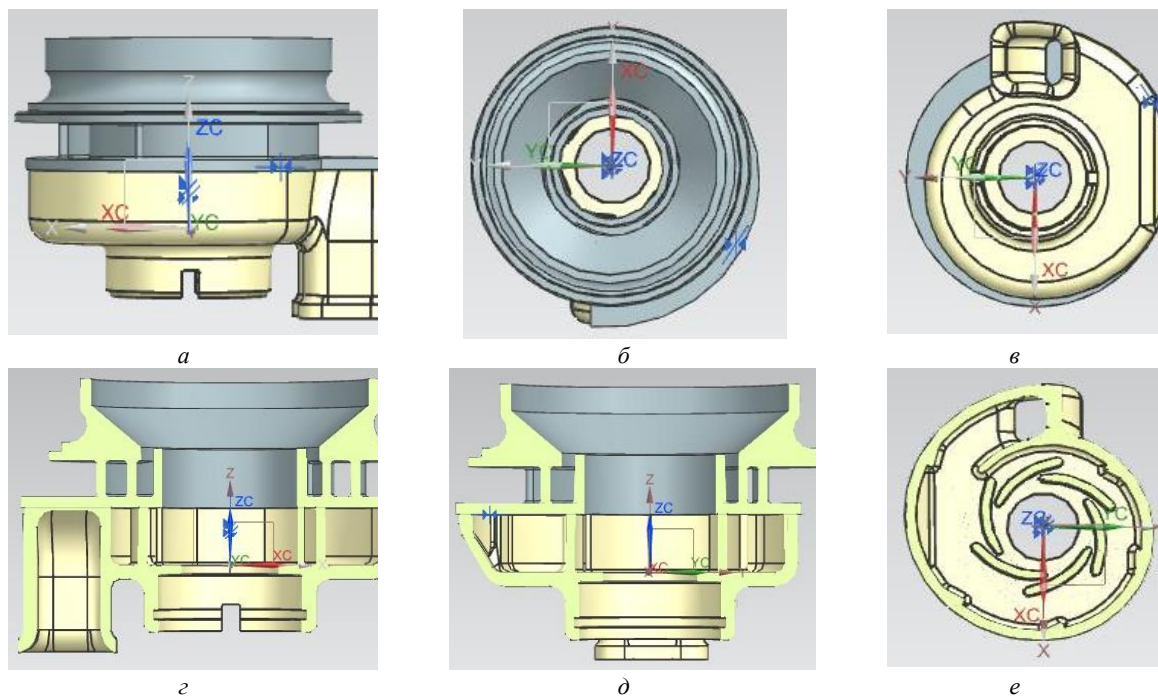


Рис. 4. Цифрова 3D-модель авіаційної деталі «Завихрувач»: а – вид деталі збоку; б – вид деталі зверху; в – вид деталі знизу; г – перетин по осі X; д – перетин по осі Y; е – перетин по осі Z

Процес гарячого ізостатичного пресування проводили згідно з наступним режимом [12]:

початковий тиск – 25 (± 5) МПа;

нагрів зі швидкістю 8–10 $^{\circ}\text{C}/13\text{в.}$ до температури 1040 (± 10) $^{\circ}\text{C}$ (витримка на протязі 1 години), робочий тиск в сосуді високого тиску 120 МПа;

нагрів зі швидкістю 3–5 $^{\circ}\text{C}/13\text{в.}$ до температури 1150 (± 10) $^{\circ}\text{C}$ (витримка на протязі 3–4 годин), робочий тиск в сосуді високого тиску 160 МПа;

швидкість охолодження до температури 800 $^{\circ}\text{C}$ $\rightarrow$ 60–100 %, далі – не регламентовано.

Термічну обробку після операції гарячого ізостатичного пресування виконували в динамічному вакуумі згідно з наступним режимом [12]:

відпал на твердий розчин під впливом температури 954 $^{\circ}\text{C}$ на протязі 1 години на 25 мм товщини $\rightarrow$ охолодження в потоці аргону;

старіння при температурі 718 $^{\circ}\text{C}$ на протязі 8 годин $\rightarrow$ повільне охолодження в печі до температури 621 $^{\circ}\text{C}$ на протязі сумарного часу зміцнення 18 годин $\rightarrow$ охолодження в потоці аргону.

Аналіз хімічного складу сплаву Inconel 718, отриманого за технології селективного лазерного спікання, показав на відповідність хімічного складу нормам ASM 5662M (50–55 % Ni, 17–21 % Cr, 2,8–3,3 % Mo, 0,2–0,8 % Al, 0,65–1,15 % Ti, 4,75–5,5 % Nb, $\leq 0,35$ % Mn, $\leq 0,35$ % Si, $\leq 0,006$ % B, $\leq 0,015$ % S, $\leq 0,015$ % P, $\leq 0,08$ % C).

Порівняння механізму «виросування» авіаційної деталі «Завихрувач» за технологією селективного лазерного спікання та отримання деталі шляхом механічної обробки показало, що технологія селективного лазерного спікання характеризується меншими числом технологічних операцій (зменшуються витрати на оснащення і додаткову механічну обробку) та спрощується прототипування виробу, при цьому виготовлена деталь «Завихрувач» володіє на 12–17 % меншою масою в порівнянні з її металевим аналогом (рис. 5).

Аналіз досліджень [13–15] показав, що механічні властивості (тривала міцність, границя міцності, умовна границя текучості, відносне подовження, відносне звуження, ударна в'язкість та твердість по Брінеллю) сплаву Inconel 718, отриманого як з порошку фірми «LPW», так і з порошку фірми «Sino Euro» відповідають нормам ASM 5662M (як в горизонтальному напрямку XY, так і в вертикальному напрямку Z). Аналізуючи жароміцні властивості термооброблених зразків зі сплаву Inconel 718 встановлено, що час до руйнування зразків з порошків компаній «LPW» та «Sino Euro» в вертикальному напрямку Z в 1,9 та 1,4 рази вище відповідно, ніж в горизонтальному напрямку XY; для зразків з порошку компанії «Sino Euro» в порівнянні зі

зразками з порошку компанії «LPW» час до руйнування у 3,2 та 2,4 рази більше у горизонтальному напрямку XY та вертикальному напрямку Z відповідно.

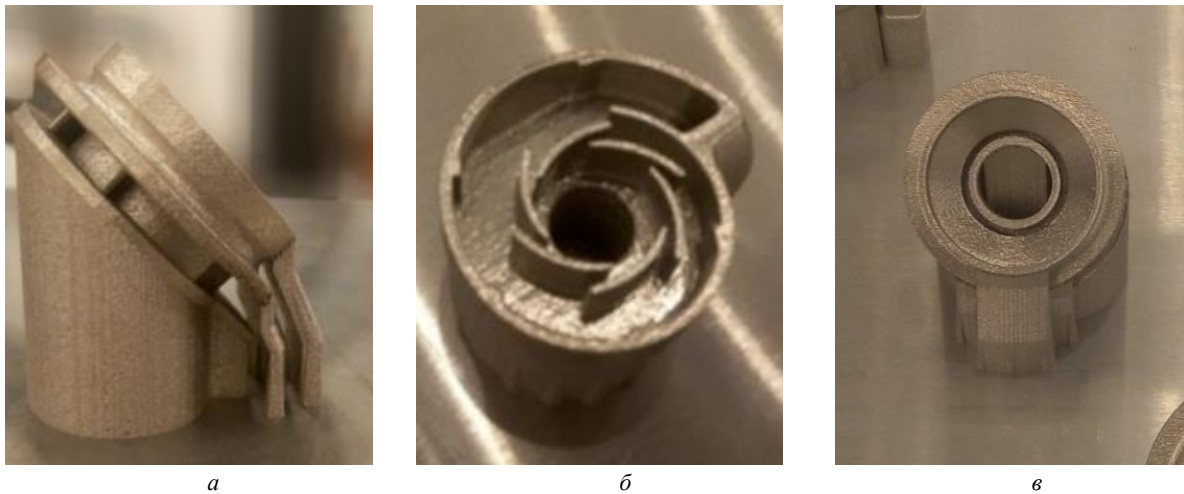


Рис. 5. Авіаційна деталь «Завихрувач», отримана шляхом механічної обробки: *а* – вид деталі збоку; *б* – вид деталі зверху; *в* – вид деталі спереду

Висновки та напрямок подальших досліджень. Показана можливість виготовлення («вироснування») авіаційних деталей на прикладі деталі «Завихрувач» з жароміцного нікелевого сплаву Inconel 718 за технологією селективного лазерного спікання. Аналіз технологічних аспектів виготовлення деталі «Завихрувач» за допомогою адитивного виробництва показує на менше число технологічних операцій на виготовлення «складної» за геометричною конфігурацією деталі; зменшення до 6 разів браку готової деталі; зменшення матеріальних витрат на оснащення і додаткову механічну обробку; зниження до 12–17 % маси деталі в порівнянні з її металевим аналогом, отриманим шляхом механічної обробки.

У подальших дослідженнях доцільно розглянути питання «вироснування» деталі «Охолоджуваний сопловий апарат турбіни» з жароміцного сплаву Inconel 718 за технологією селективного лазерного спікання.

Список літератури

1. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries / Michael Rüßmann, M. Lorenz, P. Gerbert, Manuela Waldner, Jan Justus, Pascal Engel, Michael J. Harnisch [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу: https://inovasyon.gen.tr/images/Haberler/bcgperspectives_Industry40_2015.pdf
2. ASTM International. ISO/ASTM Standard 52921-13: Standard Terminology for Additive Manufacturing-Coordinate Systems and Test Methodologies, 2013.
3. Дорошенко В.С. Про практику адитивного виробництва в ливарництві та засоби лабораторного відпрацювання піщаних формувальних чи стрижневих сумішей для цього / В.С. Дорошенко // Метал та лиття України. – 2022. – № 1(30). – С. 60–65. С. 62–68. <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.01.062>
4. Підвищення структурної стабільності та властивостей жароміцних нікелевих сплавів для лопаток ГТД обробкою наноматеріалами / М.В. Грекова, Н.Є. Калініна, В.Т. Калінінз та ін./Авиационно-космическая техника и технология. – 2018. – №8(152). – С. 60–65.
5. Нікелевий жароміцний сплав [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=13195>
6. Alloy 718 / Inconel 718 / UNS N07718 / 2.4668 [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: https://emk24.ru/wiki/nikel_i_ego_splavy/alloy_718_inconel_718_n07718_4330575/
7. Группа «Деловой профиль». Рынок технологий 3D-печати в России и мире: перспективы внедрения аддитивных технологий в производство [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <http://www.cadcamcae.lv/N141/42-51.pdf>
8. Руководство по 3D-печати методом селективного лазерного спекания (SLS) [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://formlabs.com/ru/blog/what-is-selective-laser-sintering/>
9. Селективное лазерное спекание (Selective Laser Sintering, SLS) [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://pro3d.com.ua/a368590-selektivne-lazerne-spikannya.html>
10. Иванов А.В., Заложных И.С., Барбаров К.О. Основы построения трехмерных моделей деталей ракетных двигателей в среде NX7.5: учебное пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 156 с.
11. Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
12. Воденнікова О.С. Вирощування авіаційної деталі «Завихрувач» з жароміцного сплаву Inconel 718 за технологією селективного лазерного спікання / О.С. Воденнікова, М.О. Коваль, С.А. Воденніков // Науково-технічний

13. **Коваль М.О.** Дослідження механічних властивостей та структури сплаву IN718, отриманого методом 3D-принтингу / М.О. Коваль, О.С. Воденнікова // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2020. – №3. – С. 21–29.
<https://doi.org/10.32620/aktt.2020.3.03>

14. **Vodennikova O.S.** Investigation of Mechanical Properties and Structure of Inconel 718 Alloy Obtained by Selective Laser Sintering from Powder Produced by 'LPW' / O.S. Vodennikova, M.O Koval., S. A. Vodennikov // *Metallophysics and Advanced Technologies*. – 2021. – Vol 43. – Issue 7. – pp. 925–937.
<https://doi.org/10.15407/mfint.43.07.0925>

15. **Vodennikova O.** Selective laser sintering technology is to be used in order to obtain aviation unit application / O. Vodennikova, M. Koval., S. Vodennikov // *METAL 2021 : 30th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials: Conference Proceedings* (May 26–28, 2021, Brno, Czech Republic, EU). – 2021. – pp. 543–549.
<https://doi.org/10.37904/metal.2021.4156>

УДК 004.4:622.142:622.271

О.С. ЗЕЛЕНСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., В.С. ЛИСЕНКО, канд. екон. наук, доц.
Державний університет економіки і технологій

ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОКОНТУРЮВАННЯ СОРТІВ РУД ПО ГОРИЗОНТАХ РУДНИХ КАР'ЄРІВ

Мета. Метою роботи є вдосконалення оцінки просторової мінливості вмісту вибраних показників на основі побудови ізоліній, а також виділення рудних тіл з урахуванням встановлених кондицій.

Методи дослідження. Наводиться новий розроблений модуль оконтурювання рудних тіл, що дозволяє оцінити мінливість показників по горизонтах кар'єру. При цьому заданий контур гірничих робіт покривається регулярною інтерполяційною сіткою. По даним інтерполяції будуються три поверхні різними способами: інтерполяційні, каркасні, а також на основі В-сплайнів (NURBS-поверхні). Відносно цих поверхонь формуються ізолінії з заданим кроком. Із сукупності контурів ізоліній вибирається контур по умовам кондицій, який являє собою оконтурювання рудного тіла. По двом показникам таких контурів будується два, та їх перетин дозволяє оцінити результуючий контур, який задовольняє вибраним кондиціям по цим двом показникам.

Наукова новизна. Для складно структурних родовищ більш прийнятними моделями побудови поверхонь є інтерполяційні, каркасні та на основі В-сплайну (NURBS-поверхня). З цих моделей найбільш ефективні NURBS-поверхні. Тут при корегуванні вхідних даних змінюється тільки найближча до цих даних область поверхні. NURBS-поверхня є керованою, можна змінити характер проходження поверхні відносно контрольних точок, змінюючи вагу їх впливу, що дозволяє моделювати переходи між сортами руд або між рудним тілом та порожньою породою.

Практична значимість. Авторами багато років розроблялась, вдосконалювалась та впроваджувалась багато-модульна автоматизована система геолого-маркшейдерського забезпечення (ГМЗ). Це повною мірою використовується в оновленому модулі оконтурювання сортів руд по горизонтах рудних кар'єрів. У першому варіанті модуль було впроваджено на підприємстві "Ерденет" (Монголія), що розробляє мідно-молібденове родовище. Новий варіант розроблено для умов залізрудних родовищ. Він наводиться на прикладі Південного гірничо-збагачувального комбінату (АТ «ПВДГЗК»).

Результати. Програмне забезпечення розроблене у середовищі Microsoft Visual Studio 2019 на базі бібліотеки MFC (Microsoft Foundation Classes) з використанням технології ADO (ActiveX Data Object) для обробки баз даних та бібліотеки OpenGL для роботи з 3D-графікою із застосуванням шейдерів, що забезпечує високу оперативність виведення 3D-графіки.

Ключові слова: В-сплайн, NURBS-поверхня, оконтурювання рудних тіл, ізолінії, OpenGL.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-15-24

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Планування гірничих робіт є однією з важливих задач при управлінні рудним кар'єром. Оконтурювання сортів руд по горизонтах кар'єру з урахуванням оцінки мінливості якісних показників, значною мірою впливає на ефективність планування гірничих робіт.

Метою роботи є вдосконалення оцінки просторової мінливості вмісту вибраних показників на основі побудови ізоліній, а також виділення рудних тіл з урахуванням встановлених кондицій. Суть методу полягає в побудові поверхонь за даними опробування свердловин та їх перерізами горизонтальними площинами із заданим кроком. При оконтурюванні рудних тіл поверхня перетинається по бортовому змісту.

Робота з оконтурювання виконується у 4 етапи: покриття дослідженої ділянки рівномірною сіткою та інтерполяція показників у вузлах сітки; побудова поверхні мінливості досліджуваного показника; побудова ізоліній; оконтурювання.

Аналіз досліджень та публікацій. При побудові ізоліній є достатньо зарубіжних програм, які мають ряд недоліків. У таких пакетах відсутня можливість користувачам оперативного керування процесом побудови ізоліній. Для невеликих гірничодобувних компаній ці програмні пакети важкодоступні через їхню високу вартість. Крім того, не забезпечується передача даних між додатками, вони розробляються автономно, а не як незалежний модуль, який можна використати при вирішенні довільних задач.

Авторами багато років розроблялась, вдосконалювалась та впроваджувалась багатомодульна автоматизована система геолого-маркшейдерського забезпечення (ГМЗ) [5]. Це повною мірою використовується в оновленому модулі оконтурювання сортів руд по горизонтах рудних кар'єрів. У першому варіанті модуль було впроваджено на підприємстві "Ерденет" (Монголія), що розробляє мідно-молібденове родовище. Новий варіант розроблено для умов залізрудних родовищ. Він наводиться на прикладі Південного гірничо-збагачувального комбінату (АТ «ПВДГЗК»).

Постановка задачі. За останні 3 роки цей модуль значно змінено як в галузі програмування, так і математичного забезпечення. Тут, як було раніше, в якості інформаційної основи використовується цифрова моделі родовища (СММ), що містить по горизонтах кар'єру дані опробування та координати усть по свердловинах детальної та експлуатаційної розвідок. За даними глибоких свердловин детальної розвідки (опробування кернів, координат їх гирла та інклінометрії) формується СММ по горизонтах кар'єру. Модель доповнюється свердловинами експлуатаційної розвідки. Це виконується окремим модулем ГМЗ.

У новій розробці додатково використовуються цифрові моделі кар'єру (СМК), що містять координати бровок уступів за різні періоди відпрацювання родовища. Тут можна показати дві моделі кар'єру за різні періоди часу. Одна з них може відображати проектні межі кар'єру.

При побудові поверхні мінливості показників попередніх роботах вперше використовувався В-сплайн (NURBS – поверхня). Наразі додатково використовуються наступні моделі: інтерполяційна, каркасна, поліноміальна. При інтерполяції може бути використаний раніше розроблений точковий "крайгінг". Однак при значній мінливості показників цей метод неефективний. Особливістю розробленого оконтурювання є облік кондицій за декількома показниками. Передбачено виведення контурів руди по горизонтах кар'єру на екран дисплея, принтер і у вигляді графічних файлів. Окремі функції програмного забезпечення вдосконалені, що дозволяє збільшити оперативність і надійність розрахунків. Значно покращено інтерфейс користувача.

Викладення матеріалу та результати. Опис модуля та його використання є дуже актуальним для гірничих підприємств і прикладом для вітчизняних розробників.

Опис роботи пакета за умовчанням наводиться у новому варіанті, тобто, для АТ «ПВДГЗК».

На початку експлуатації пакету виконується перегляд таблиць бази даних. На рис. 1 відображені три таблиці бази даних СММ.mdb: таблиця СММ та 2 таблиці цифрових моделей кар'єру (СМК) на різні періоди відпрацювання родовища. Тут наводяться дані по нульовому (0) горизонту. При перегляді СМК виведені координати (X, Y, Z) бровок уступів. Ці брівки складаються з окремих гілок. Кожна гілка має ознаку початку.

Після цього завантажується вікно для роботи у 2d графіці (рис. 2). Тут наведені опції меню та кнопки панелі інструментів. По тексту найменування кнопок наводяться у круглих дужках.

Опис основних опцій меню:

Горизонт (Г) Вибір горизонту. По вибраному горизонту виводяться дані опробування СММ та відмітки по брівкам уступів СМК. Використовується до 2-х таблиць СМК. Наявність таблиці СММ обов'язкова. Саме по даним опробування свердловин надалі будуються поверхні та ізолінії. При наявності СМК покращується орієнтування об'єкта дослідження. При наявності 2-х СМК можна бачити рух фронту гірничих робіт за звітний період, що полегшує орієнтування контуру, в межах якого будуються ізолінії. На рис. 2 виводяться по нульовому "0" горизонту дані по свердловинам (опробування по Femag) та СМК - положення бровок уступів на вибраному горизонті.

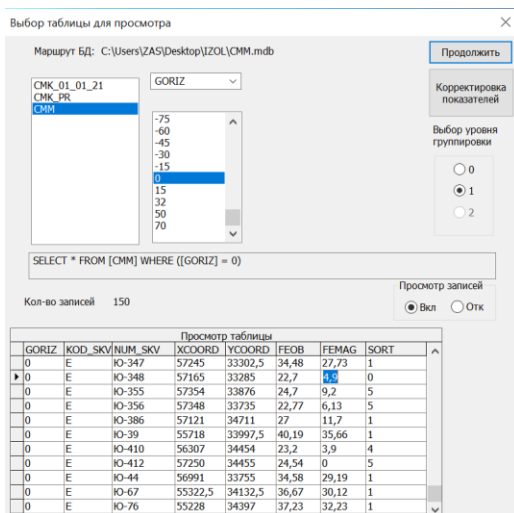


Рис. 1. Вибір таблиці по номеру горизонту

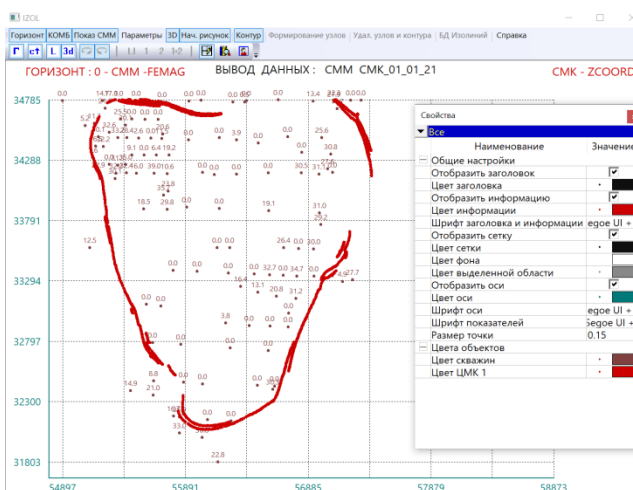


Рис. 2. 2d графіка

Управління 2d графікою виконується за допомогою мишки. Ліва кнопка “мишки” – переміщення графіки в напрямку переміщення “мишки”. За допомогою правої кнопки “мишки” формується прямокутна область з метою деталізації малюнку. Масштаб малюнку змінюється колесом “мишки”

КОМБ. Вибір показників СММ и СМК для виведення у 2d графіці. При цьому виконується вибір маркерів та (або) значень показників. Як видно з рис. 3 вибрані маркери (точки розташування) свердловин СММ та результати їх опробування. Крім того, виведені маркери однієї з СМК. На рис. 2 наводиться реалізація даного вибору. Діалог, який розглядається по ходу виконання програми поповнюється 2d об'єктами (контур побудови ізоліній, інтерполяція, оконтурювання). Будь-які об'єкти можуть бути одночасно виведені на екран дисплею.

Показ СММ (cf). Вибір показника СММ. Тут виводяться дані опробування по Fe_{mag} або по $Fe_{общ}$.

Параметри. Ця опція включає вибір параметрів виведення показників: множник показника, кількість знаків після коми.

(L) Зміна властивостей об'єктів для виведення виконується за допомогою легенди. Вона продемонстрована праворуч на рис. 2.

Нач. рисунок. Використовується для відновлення початкової 2d графіки.

3d. Виконується виведення даних опробування по свердловинам у 3d графіці (див. рис. 4). Надалі при формуванні інтерполяційної сітки додатково виводяться поверхні мінливості показників, ізолінії.

На рис 4. червоним кольором виділені значення Fe_{mag} . Білим кольором – рудні свердловини з мінімальним значенням показника (0.1% - 5%). Синім кольором – неопробовані рудні свердловини (нижче 0.1 %), зеленим кольором – свердловини інших сортів руд (залізисті кварцити та порожня порода).

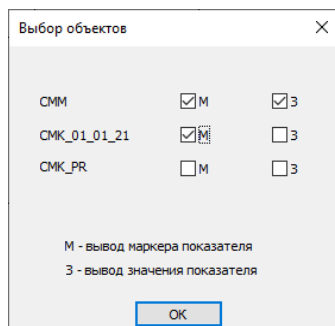


Рис. 3. Вибір об'єктів

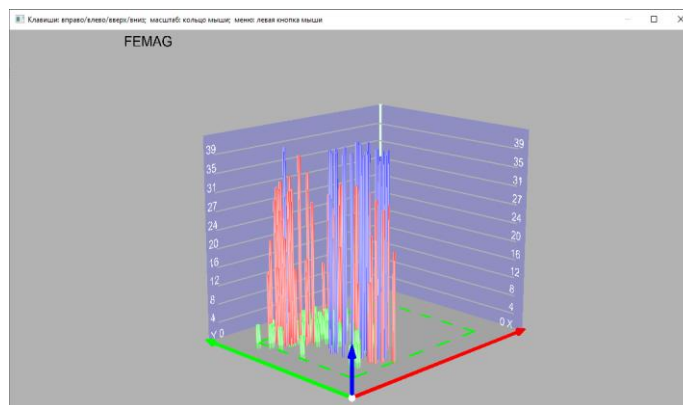


Рис. 4. 3d графіка (1 режим)

Контур. На екрані з'являється максимальний контур з маркерами на кутах. Він покриває повністю активну частину екрану (6х8 квадратів координатної сітки). Використовуючи маркери, можна отримати прямокутник різної ширини та висоти, а також перемістити його в будь-якому напрямку на екрані. За допомогою стрілок() можна виконати обертання прямокутника відносно центру за годинниковою або проти годинникової стрілки (рис. 5). Після формування контуру його видалення виконується повторним натисканням на клавішу *Контур*.

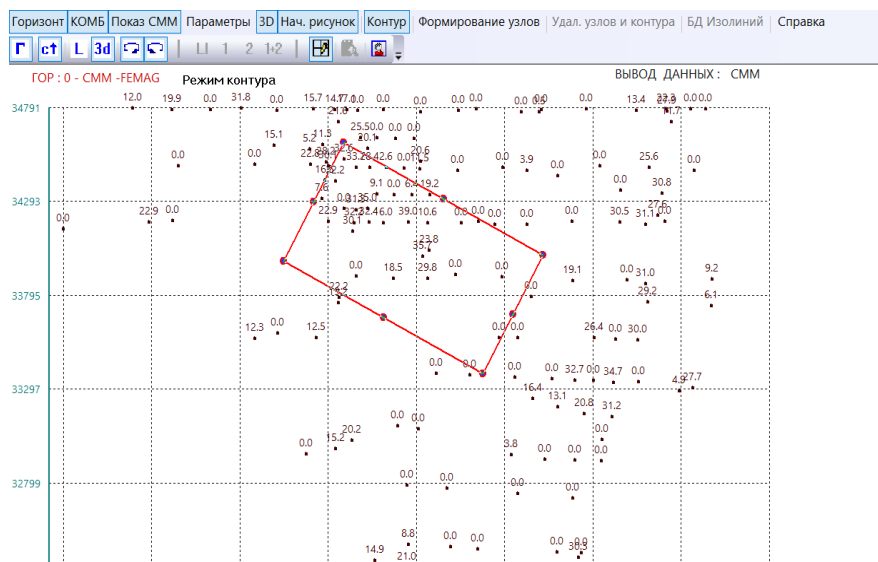


Рис. 5. Формування контуру (прямокутника)

Формування вузлів. При виборі опції на екрані з'являється діалог, показаний на рис. 6. В лівій частині діалогу вводяться параметри сітки.

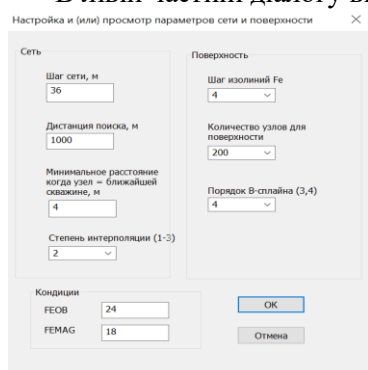


Рис. 6. Вибір параметрів для інтерполяції

На рис. 7 показано прямокутник (об'єкт дослідження), покритий інтерполяційною сіткою. Крок сітки визначається автоматично та складає 110 частину довжини по вісі ОХ. Як видно з рис. 7

$$X_{\max} = 57673; X_{\min} = 53689.$$

Крок сітки дорівнює $(57673 - 53689) / 110 = 36$.

Всі вибрані у діалозі показники можна змінити, в тому числі і крок сітки. При закритті додатку вони зберігаються.

Інтерпольовані значення у вузлах сітки визначаються методом обернених відстаней. Якщо при заданій дистанції пошуку (на рис. 8 жовте велике коло) відносно вузла сітки, який розглядається, немає свердловин, тоді автоматично радіус цього кола збільшується, поки не буде отримано позитивний результат.

Для виключення скупчення свердловин в одному напрямку та обліку просторового розташування свердловин коло дистанції пошуку розділюється на 8 секторів і при інтерполяції враховуються тільки свердловини, найближчі в кожному секторі. На рис. 8. червоним кольором позначені свердловини, які використовуються при інтерполяції.

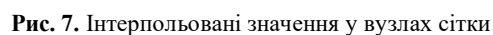
Значення показника у вузлі сітки А визначається як середньозважена величина

$$C_A = \sum_{i=1}^N C_i d_i^{-\alpha} / \sum_{i=1}^N d_i^{-\alpha},$$

де C_A – інтерпольоване значення показника у вузлі А; N – кількість найближчих свердловин (дистанція пошуку свердловин); α - показник ступеню; d_i – відстань між найближчими свердловинами та вузлом інтерполювання; C_i – значення показника у свердловині, яка найближча до вузла інтерполювання.

Масив інтерпольованих значень надалі використовується для візуалізації просторової мінливості показників у тривимірному просторі. Сітка використовується для реалізації інтерполя-

Горизонт КОМБ Показ CMM Параметры 3D Нач. рисунок Контур Формирование узлов Удал. узлов и контура БД Изолиний Сп



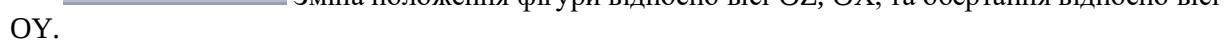
вузол

свердловини

- | | |
|-------------------------------------|---|
| | Вывод относительно области экрана данных по СММ: |
| ☒ | 1. Вывод скважин |
| | 2. Вывод скваж и узлов |
| | 3. Интерполяционная модель |
| | 4. Интерполяционная модель + Скв |
| | Вывод относительно контура изолиний: |
| | 5. Интерполяционная модель - Формирование БД изолиний |
| | 6. Интерполяционная модель + Скв - контур |
| | 7. Каркасная модель |
| | 8. Каркасная модель + Скв |
| | 9. 3D Сплайн - Формирование БД изолиний |
| | 10. 3D Сплайн + Скв |

Рис. 9. Робота з 3d графікою

↑ ⊕ ⊖ ↺ ↻ ↷ ↸ ↹ ↻ ↺ N Zo 3iE Bdi 2D



Вибір кількості вузлів при побудові поверхні 3d - сплайном

Zo Поворот призми “вид зверху”

3iΣ Перерізи поверхонь площинами відносно горизонталі для побудови ізоліній.

Bdi Запис до БД. По кожному перерізу записуються координати квадратів для призми, висота яких вище даного перерізу.

2D Перехід у 2d графіку.

Розглянемо найбільш типові 4 варіанти відносно встановленого контуру (5-7, 9). Після розгляду цих варіантів інші варіанти цілком зрозумілі. Дані варіанти зроблені по вибраному горизонту **-60**.

Варіант 5. У цьому варіанті будується інтерполяційна модель (поверхня) мінливості показників. Інформаційною основою є інтерполяційна сітка. Відносно кожного вузла сітки будуються дотичні прямокутні призми, основою яких є квадрат. Вузол знаходиться у центрі квадрату. Сторона квадрату дорівнює кроку інтерполяційної сітки. Висота призми дорівнює значенню показника у вузлі сітки. На рис. 10 показано інтерполяційну модель. Після цього при натисненні кнопки **3iΣ** відносно поверхні на рис. 10 будуються перерізи, як це продемонстровано на рис. 11. Кожен переріз виділено окремим кольором. Чорним – нижче першого перерізу до білого – вище останнього перерізу. Для кожного наступного перерізу відбувається його освітлення. При натисненні кнопки **Z** на невеликій відстані від поверхні можна бачити ізолінії по $F_{\text{маг}}$, тобто зміна кольорів (ізоліній на площині).

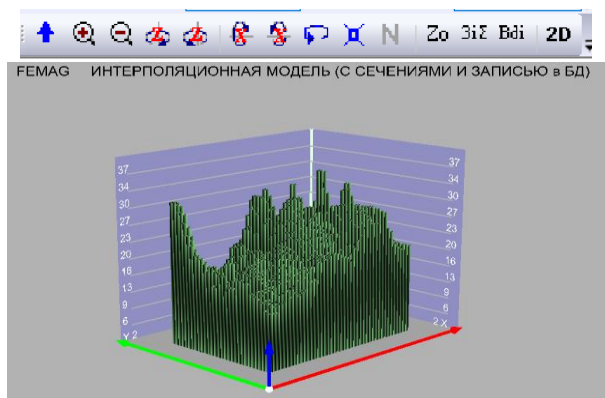


Рис. 10. Інтерполяційна модель

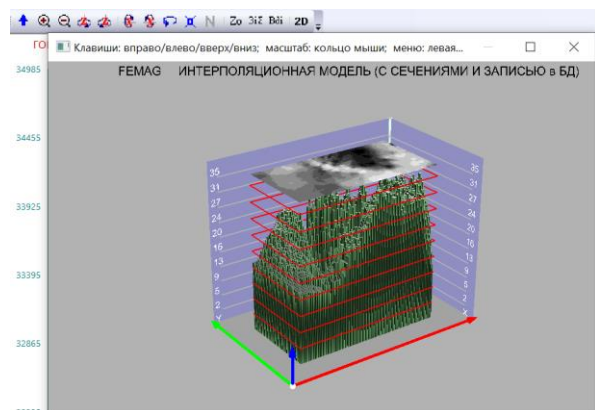


Рис. 11. Перерізи інтерполяційної моделі

Просмотр данных, а также возможность удаления данных

База изолиний, возможность удаления объектов						
Number	X	Y	Z	KOD	NRAS	
1	71	0	4	38	1	
2	53930,3767	35004	0	4	1	
3	57160,3767	35004	0	0	1	
4	57160,3767	33332	0	0	1	
5	53930,3767	33332	0	0	1	
6	53930,377	34966	14	4	1	
7	53930,377	35004	14	0	1	
8	53968,377	35004	14	0	1	
9	53968,377	34966	14	0	1	
10	53930,377	34928	14	4	1	
11	53930,377	34966	14	0	1	
12	53968,377	34966	14	0	1	
13	53968,377	34928	14	0	1	
14	53930,377	34890	10	4	1	
15	53930,377	34928	10	0	1	
16	53968,377	34928	10	0	1	
17	53968,377	34890	10	0	1	
18	53930,377	34852	10	4	1	

Buttons: First, Last, PgUp, PgDown, Deleting data, Help

Рис. 12. Значення полів БД ізоліній

ки) між сусідніми горизонтальними вузлами сітки, потім між сусідніми вертикальними вузлами. Реалізація моделі наведена на рис. 14. Ця модель не використовується для побудови ізоліній.

Нарешті, при натисненні кнопки **Bdi** виконується запис до бази даних (БД). В БД можна записати 2 об'єкти для одного контуру. Скажімо, для $F_{\text{маг}}$ та $F_{\text{общ}}$. Результат запису ізоліній продемонстровано на рис. 12.

Варіант 6. При цьому виборі будується інтерполяційна модель та виводяться свердловини. Цей варіант не використовується для побудови ізоліній (рис. 13).

Варіант 7. Реалізується каркасна модель, яка дуже близька до інтерполяційної. Тут проводяться ломані лінії (відрізки)

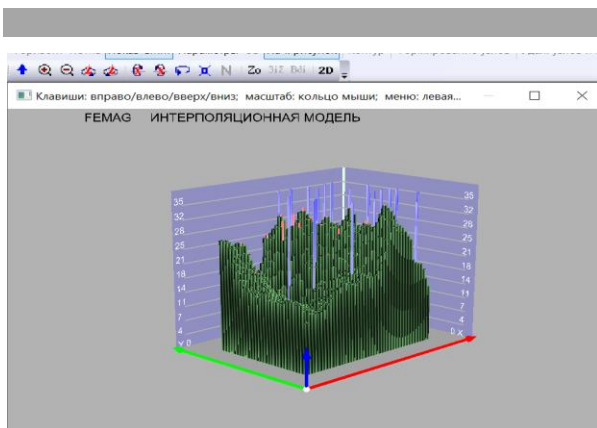


Рис. 13. Интерполяційна модель та виведення свердловин

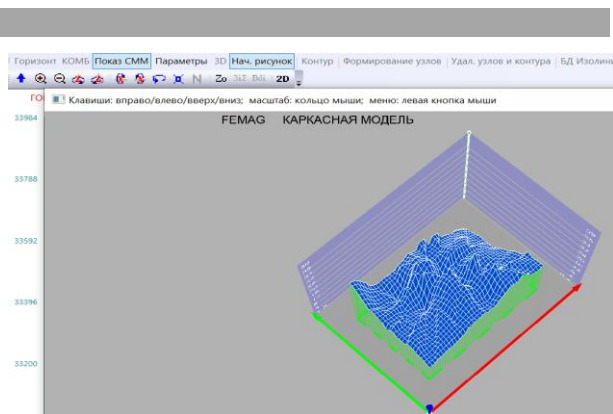


Рис. 14. Каркасна модель

Вариант 9. Побудова NURBS – поверхні (3d сплайн), яка наведена на рис. 15. Ця, вперше реалізована модель, використовується у автоматизованій системі ГМЗ при вирішенні горно-геометричних задач. У нашому випадку використовується при побудові ізоліній. Опис побудови поверхні наводиться в [1, 6].

Вихідні дані для побудови поверхонь:

інтерполяційна сітка (контрольні точки), які вміщують координати та дані опробування у вузлах сітки по $F_{\text{маг}}$ та $F_{\text{общ}}$;

встановлюється кількість вузлів та порядок В-сплайну. Після натиснення кнопки **N** ці дані вводяться у діалозі, наведеному на рис. 16. Тут кількість вузлів дорівнює 50. Це кількість вертикальних зелених ліній по вісі OX та OY. При цьому кількість утворених чотирикутників дорівнює 2500 (50x50);

крок ізоліній (вводяться у діалозі на рис. 6).

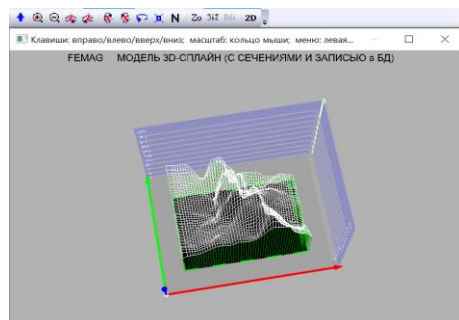


Рис. 15. NURBS – поверхня

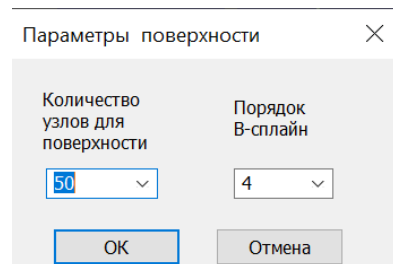


Рис. 16. Параметры поверхні

При натисненні кнопки **3iΣ** поверхня перетинається горизонтальними площинами із заданим кроком ізоліній, як це показано на рис. 17. Побудова ізоліній та їх запис до БД виконується також як і при використанні інтерполяційної моделі. В БД можна записати 2 об'єкти для одного контуру. Скажімо, для $F_{\text{маг}}$ та $F_{\text{общ}}$ або для одного показника, але при різному способі побудови поверхонь.

Для подальшої роботи такі ж операції виконані по $F_{\text{общ}}$. При цьому БД буде заповнена двома об'єктами. Таким чином, закінчується робота в 3d та виконується перехід у 2d (натисканням кнопки **2d**), де нада-

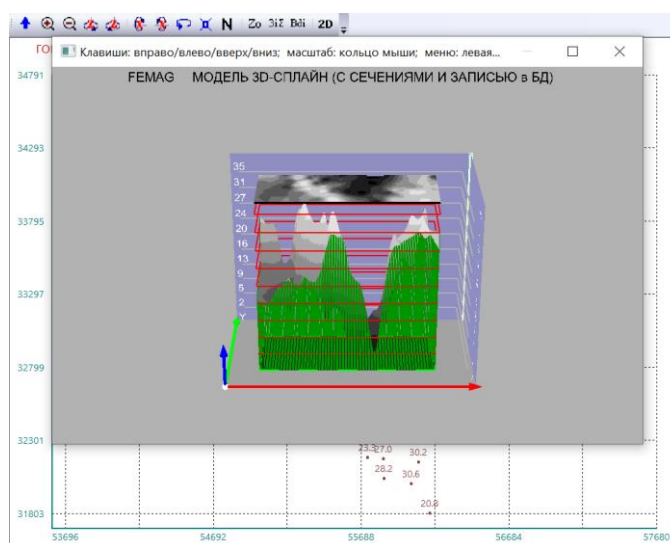


Рис. 17. До побудови ізоліній

ється можливість виведення ізоліній і контурів рудних тіл з врахуванням встановлених кондицій.

Після цього здійснюється повертання у 2d графіку (кнопка **2d**).

Оконтурювання рудних тіл або сортів руд виконується по заданим кондиціям вмісту. Скажімо, вміст вище заданого кондиційного (балансового) вмісту відноситься до руди, нижче – до порожньої породи. Контур рудного тіла по двом показникам визначається перетином їх кондиційних контурів, побудованих відповідно по кондиціям 1 та 2 показника. Кондиційний контур – це ізолінія по кондиційному вмісту.

У нашому випадку на інформаційній основі БД будуються ізолінії та кондиційні контури для $Fe_{\text{маг}}$ та $Fe_{\text{общ}}$. Кондиції $Fe_{\text{общ}} \geq 24\%$, $Fe_{\text{маг}} \geq 18\%$.

При першому натисненні на кнопку **1** на екрані будуються ізолінії по $Fe_{\text{маг}}$. (рис. 18). При повторному натисканні на цю кнопку на екран виводиться контур у якому $Fe_{\text{маг}} \geq 18\%$ (рис. 19).

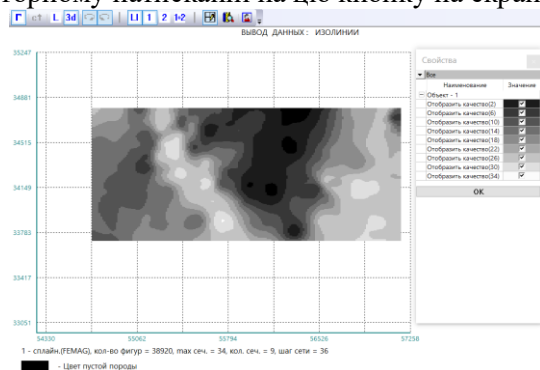


Рис. 18. Ізолінії по $Fe_{\text{маг}}$.

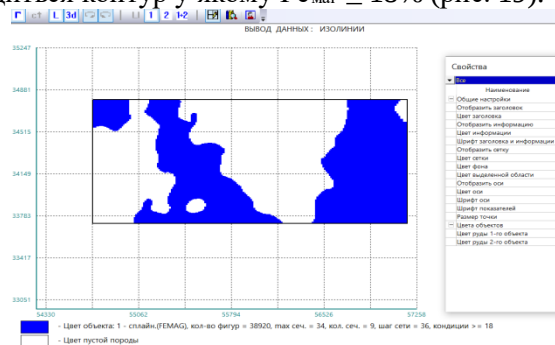


Рис. 19. Побудова кондиційного контуру по $Fe_{\text{маг}}$.

Аналогічні дії виконуються з кнопкою **2** при побудові ізоліній (рис. 20) та кондиційного контуру по $Fe_{\text{общ}}$.

При натисненні кнопки **1+2** виконується оконтурювання рудного тіла по $Fe_{\text{общ}} \geq 24\%$ та $Fe_{\text{маг}} \geq 18\%$. Тут, як показано на рис. 21, виділена область, яка задовольняє одночасно кондиціям двох показників.

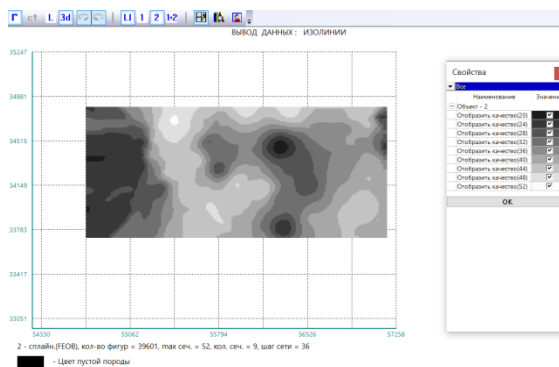


Рис. 20. Ізолінії по $Fe_{\text{общ}}$.

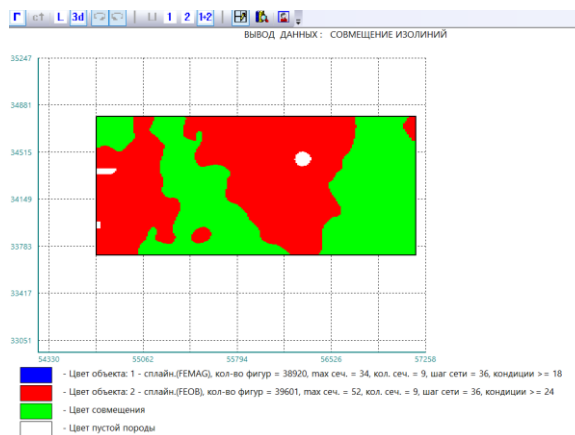


Рис. 21. Оконтурювання рудних тіл по $Fe_{\text{маг}}$ та $Fe_{\text{общ}}$.

Виведення результатів рішення задачі виконується 3-ма останніми кнопками (див. рис. 21). Перша кнопка ліворуч призначена для виведення графіки в межах вікна. Друга – для виведення графіки у вибраному масштабі. Третя – для запису до файлу зображення екрану (*.png, *.bmp, *.jpg).

Для побудови поверхонь не обов'язково використовувати інтерполяційну сітку. Прикладом може бути поліноміальна модель. При цьому вхідними даними є безпосередньо результати опробування свердловин.

Для визначення залежності поліному у тривимірному просторі $z = f(x, y)$ використовується запропонований авторами алгоритм [2].

Для поліному 5-го ступеню дану залежність можна представити у вигляді

Для складно структурних родовищ більш прийнятними моделями побудови поверхонь є інтерполяційні, каркасні та на основі В-сплайну (NURBS-поверхня). З цих моделей найбільш ефективні NURBS-поверхні. Тут при корегуванні вхідних даних змінюється тільки найближча до цих даних область поверхні. NURBS-поверхня є керованою, можна змінити характер проходження поверхні відносно контрольних точок, змінюючи вагу їх впливу, що дозволяє моделювати переходи між сортами руд або між рудним тілом та порожньою породою. Побудова такої поверхні не вимагає високої значності досліджуваних показників, забезпечується висока оперативність реалізації. Така модель рекомендована для умов родовища Південного ГЗК.

У автоматизованому режимі не представляє складнощів вибрати найбільш ефективну модель побудови поверхонь. Достатньо побудувати поверхню по даним свердловин при згущеній сітці опробування. Така поверхня приймається у якості "істинної" для порівняльного аналізу моделей, побудованих по більш рідкій сітці.

Програмне забезпечення розроблене у середовищі Microsoft Visual Studio 2019 на базі бібліотеки MFC (Microsoft Foundation Classes) з використанням технології ADO (ActiveX Data Object) для обробки баз даних та бібліотеки OpenGL [7-10] для роботи з 3D-графікою із застосуванням шейдерів, що забезпечує високу оперативність виведення 3D-графіки.

Список літератури

1. Автоматизация геолого-маркшейдерского обеспечения в информационной системе управления рудным карьером: монография / **А.С. Зеленский, С.В. Баран, В.С. Лысенко** и др.- Кривой Рог: Издательский центр ГВУЗ «КНУ», 2012.–362 с.
2. **Зеленский А.С.** Построение кривых и поверхностей при решении горно-геометрических задач /**А.С. Зеленский, В.С. Лысенко** //Вісник Криворізького національного університету. Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: КНУ.–2013. – Вип. 34.–С. 225-232.
3. **Зеленский А.С.** Моделирование поверхности карьера с использованием В-сплайнов / **А.С. Зеленский, В.С. Лысенко, В.И. Мельничук** // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ. – 2009. – № 23. – С. 50–54.
4. Автоматизация полного подсчета запасов на рудных месторождениях /**А.С. Зеленский, С.В. Баран, В.С. Лысенко, И.В. Хивренко** //Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ. – 2010. – №26. – С. 64 –68.
5. **Зеленский А.С.** Оконтуривание рудных тел с использованием В-сплайнов /**А.С. Зеленский, С.С. Пуханов, Т.А. Подойницына** //Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ. – 2011. – № 27. – С. 59 –62.
6. **Зеленский А.С.** Использование NURBS поверхностей для автоматизированного построения изолиний изменчивости качественных показателей руды на карьерах / **А.С. Зеленский, С.С. Пуханов, В.И. Мельничук** // Науковий вісник НГУ.–2009.–№6.–С. 69–73.
7. **Ричард С. Райт, мл., Бенджамин Липчак** OpenGL. Суперкнига, 3-е издание.: Пер. с англ – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1040с.
8. **Хилл Ф.** OpenGL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов.– СПб.: Питер, 2002.– 1088 с.
9. **Дональд Херн, М. Паулин Бейкер** Компьютерная графика и стандарт OpenGL, 3-е издание.–М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.–1168 с.
10. **Роджерс Д., Адамс Дж.** Математические основы машинной графики: Пер. с англ.– М.: Мир, 2001.–604 с.

УДК 004:34.06

В.О. НИЖЕГОРОДЦЕВ, канд.пед.наук, доц., Державний податковий університет
Л.М. ПЕТРЕНКО, канд.ekon.наук, доц.,
Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана
С.М. ГРИЩЕНКО, канд.пед.наук, доц., Державний податковий університет

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПРАВНИКА: АНАЛІТИЧНО-ПРАВОВА СИСТЕМА «ZAKONONLINE»

Метою дослідження є висвітлення застосування інформаційно-правових систем в юридичній діяльності та огляд можливостей аналітично-правової системи ZakonOnline в сучасній практиці юриста. Цифрові технології, які пронизують усі сфери людської діяльності, не обійшли стороною і юриспруденцію. Розвиток інформаційних технологій в юриспруденції пов'язаний зокрема з використанням інформаційних систем в судочинстві, сфері державного

управління, правоохоронних органах, експертній діяльності та інших сферах правової діяльності. Професійний правознавець повинен знати, як можна застосувати інформаційні технології у своїй діяльності, які правові інформаційні системи вже створено та які перспективи їх розвитку та застосування. Електронні технології здатні зіграти помітну роль у модернізації систем правосуддя і юридичних інформаційних систем, при цьому завдання полягає в тому, щоб використати потенціал комп'ютерних технологій з метою трансформування пов'язаних з ними процесів для підвищення їх ефективності й результативності. Сьогодні сучасний ринок юридичних програмних продуктів характеризується значною кількістю інформаційно-правових систем. Одним з ефективних та зручних програмних інструментів в професійній діяльності юриста є аналітично-правова система ZakonOnline.

Методи дослідження: емпіричні та теоретичні методи, зокрема опис, аналіз, узагальнення програмних продуктів правової сфери діяльності, систематизація завдань та принципів роботи аналітично-правових систем.

Наукова новизна: запропоновано керівні принципи відбору, обробки, представлення та архівації даних у правових інформаційно-пошукових системах, обґрунтовано доцільність використання аналітично правової системи ZakonOnline в юридичній практиці.

Практична значимість полягає в широкому використанні правових інформаційно-пошукових систем в діяльності правників як державного так і приватного сектору, розглянуто роль комп'ютерних технологій як засобу підтримки процесу управління в державних органах, так і стимулу для перегляду процедур і практики організацій.

Результати дослідження: виокремлені завдання автоматизованих пошукових систем, запропоновані керівні принципи алгоритму роботи інформаційних правових систем, зокрема принципи відбору, обробки, представлення та архівації судових рішень у правових інформаційно-пошукових системах, визначені основні переваги, зручність інтерфейсу та інструментів реалізації запитів користувачів аналітично-правової системи ZakonOnline.

Ключові слова: інформаційна система, право, пошук, технологія, юридична діяльність, інформація, принципи.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-24-30

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Технологія роботи з інформацією в юриспруденції за останні десятиріччя істотно змінилася: широке застосування комп'ютерної техніки та новітніх технологій у щоденній практиці стало реальністю і необхідністю. Такий тренд визначає появу інформаційних продуктів, які можуть вирішувати різноманітні завдання в певних сферах життя.

Фахівці, які здійснюють свою професійну діяльність у сфері надання юридичних послуг, як ніхто інший добре знають, як буває нелегко здійснювати пошук актуального нормативно-правового акту в умовах постійно мінливого законодавства. І в цьому їм сьогодні покликані допомогти інформаційно-правові системи. Можемо стверджувати, що цифровізація правової діяльності сьогодні здатна зіграти вагомий роль у поступовій модернізації систем правосуддя і юридичних інформаційних систем. Тому основне завдання цифровізації правової сфери перш за все полягає у всебічному використанні потенціалу сучасних інформаційних технологій та має на меті трансформування процесів прийняття ефективних рішень для підвищення їх результативності. Це має на увазі дещо більше, ніж просту автоматизацію існуючих неавтоматизованих процедур і процесів, і вимагає модернізації або реструктуризації процесів і справжнього бажання використовувати можливості зберігання даних в електронному вигляді для більш швидкого надання якіснішої інформації з метою сприяння управлінню в сфері здійснення правосуддя й надання послуг користувачам. Зазначимо, що сучасні правові інформаційні системи значно прискорюють опрацювання великих масивів правових даних, підтримують широку аналітичну діяльність правників, забезпечують аналіз та оперативну оцінку поточної ситуації, всебічну підготовку звітів, обробку соціально-економічних показників, а також надають можливість щодо формування оперативних довідок.

Аналіз досліджень і публікацій. Цифрові технології, які пронизують усі сфери людської діяльності, не обійшли стороною і юриспруденцію. Професійна діяльність юристів в «цифрі» зосереджена на участі у технічних і технологічних процедурах з використанням комп'ютерів і відповідного програмного забезпечення, смартфонів та мобільних додатків, тощо.

Ефективна організація взаємодії різних видів інформаційних систем із користувачами та між собою у всіх напрямках юриспруденції вимагає відповідних кваліфікованих фахівців-професіоналів галузі реалізації цифрових компетенцій. Наявність великої кількості інформаційних потоків потребує від правника цифрових софт-скілів з управління відповідним інформаційним інструментарієм у його практичній діяльності. Фахівцям галузі юридичних наук необхідно мати навички роботи з спеціалізованими юридичними інформаційними системами для пошуку оперативної інформації, застосування локальних та інтернет-мереж, роботи з графічними процесорами, володіння навичками захисту інформації, тощо [1, с.4].

Ефективність і значимість логіки знакових систем в цифровому світі дає змогу підвищити ефективність доступу до нових джерел різноманітної, реалізує вміння реалізовувати високопродуктивні обчислення великих масивів інформації на основі хмарних сервісів за допомогою сучасних технологій, а також мати практичні навички з презентації результатів своєї діяльності за допомогою сучасних комп'ютерних технологій. Отож, не викликає сумніву наявність переваг професійного потенціалу у користувачів цифрових технологій в своїй діяльності. Безумовно, дослідження проблем новітніх підходів до використання інформаційних технологій у сучасному юридичному просторі є вкрай важливим, оскільки формування культури юристів без покращення інформаційних знань та підвищення рівня знань у сфері інформаційних технологій є неможливою [9, с.186].

Постановка задачі. Метою дослідження є висвітлення застосування інформаційно-правових систем в юридичній діяльності та огляд можливостей аналітично-правової системи ZakonOnline в сучасній практиці юриста.

Викладення матеріалу та результати. Аналіз існуючої навчально-методичної та монографічної фахової літератури свідчить, що на сьогодні не існує однозначного визначення інформаційної діяльності юриста. Тому часто формулювання означення інформаційної діяльності юриста та аналіз її структури, виділяють інформаційно-правову, інформаційно-пошукову, інформаційно-комунікативну та інформаційно-аналітичну складові професійної діяльності юриста [4, с.8].

В умовах формування єдиного інформаційного простору правника, абсолютно звичними стають різноманітні інформаційні джерела з мережі Інтернет. Через інформаційні та комунікаційні технології, безпроводні точки доступу, смартфони та планшети для сучасних правників надаються доступи до електронних документів, персональних даних, баз даних органів юстиції, тощо. Інформаційні відносини в правовій системі суттєво полегшують роботу юриста з консультування правових питань та є необхідними атрибутами організації юридичної практики правника. Комплексне використання цифрових комунікацій в юриспруденції породжує необхідність досконалого вивчення можливостей сучасних інформаційних технологій, що використовуються в юриспруденції [5, с.4].

Зі станом проникнення цифрових проектів і їх трансформації в частину професійного простору юриста виконання професійних обов'язків здобули нові особливості. Алгоритми цифрової оброблення і генерації опрацювання потрібної для юриста інформації зумовлюють та сприяють створенню ефективної інформаційної платформи у професіоналізмі правника та формує направленість «цифрової зрілості», що приводить більшої конкурентоспроможності на ринку праці.

Відкритий доступ до інформаційних правових ресурсів викликав цілий сплеск використання цифрових комунікацій в юриспруденції: від пошуку в довідково-правових та інформаційних комп'ютерних системах до аналітики в спеціалізованих метапошукових програмних комплексах в правовій сфері. В нашій державі до традиційних напрямів правової орієнтації щороку додаються нові спеціалізації юристів: у фармацевтиці, нафтогазовому комплексі, телекомунікаціях, агробізнесі, енергетиці, транспорті та логістиці, тощо. У правничих ВНЗ виникає необхідність готувати не просто юриста-фахівця загальної направленості, а й прикладного, вузькоспеціалізованого правника, який має знання в з web-ресурсів, господарських і управлінських бізнес процесах, підприємницької діяльності, тощо [2, с.6-7].

Одним з завдань засвоєння основних принципів застосування інформаційних технологій при вирішенні завдань в юридичній діяльності умов є забезпечення законності норм, удосконалення методів моделювання та аналізу правової інформації у різних сферах юридичної діяльності. На теренах сутності такої інформатизації виникає необхідність переходу від правозастосовного аспекту взаємодії комп'ютеризованих інформаційних систем та права до правотворчого аспекту, тобто пропозиції змін до чинного законодавства у різних сферах юридичної діяльності, зокрема, правоохоронній, законодавчій, судовій, сфері юстиції [9, с.395].

Умови сьогодення сприяють розвитку різноманітних реалізацій інформаційного ринку. Успішна діяльність сучасного професіонала-правника спирається на оперативний аналіз компактного формату інформації, яка завжди повинна бути швидко доступною та має в свою чергу базуватися на застосуванні нових комп'ютерно-телекомунікаційних систем і технологій.

Застосування інформаційних технологій в сферах, що пов'язані з юридичним профілем, дозволяє вирішувати значний обсяг поточних правових питань, прискорювати збір та пошук ін-

формації юридичного характеру, зберігати великі масиви правових даних. Все це свою чергу вимагає використання особливих підходів до організації технологічного забезпечення описаних процесів, цифровізації правової діяльності. Можемо зазначити, що основне призначення будь-якої інформаційної системи — реалізувати інформаційні процеси в тій області діяльності, де дана інформаційна система функціонує. Правові інформаційні системи є однією з різновидів інформаційних систем [7, с.193].

Професійний правознавець повинен володіти знаннями можливостей застосування інформаційних технологій у професійній діяльності, орієнтуватися на сучасному ринку правових інформаційних систем та програмного забезпечення, мати уявлення про подальші перспективи розвитку та застосування. Цифровізація сучасного суспільства ставить також нові проблеми щодо правового регулювання взаємодії суб'єктів інформаційного суспільства. При цьому виникають нові види юриспруденції, такі як «інформаційне право», «комп'ютерне авторське право», «право інтелектуальної власності» та ін. [8].

Подальший розвиток інформаційних технологій в юриспруденції пов'язаний зокрема з використанням інформаційних систем в судочинстві, сфері державного управління, правоохоронних органах, експертній діяльності та інших сферах правової діяльності. Тому, можемо виокремити деякі завдання автоматизованих пошукових правових систем: полегшення праці правників в результаті забезпечення їх повною, актуальною, точною інформацією; надання інформації всім особам, які виявляють інтерес до судової практики; поширення інформації щодо нових рішень, особливо у сферах права, які розвиваються; розповсюдження інформації щодо судових рішень, які стосуються як питань права, так і фактів (наприклад, про суми компенсацій чи аліментів тощо); можливість надання дозволу законодавцям аналізувати практику застосування законів; полегшення наукових досліджень в сфері судової практики; надання інформації для статистичних досліджень.

Розглянемо керівні принципи відбору, оброблення, представлення, архівування даних у правових інформаційно-пошукових системах.

Якщо розглядати норми правової системи, потреби автоматизованих систем, то за необхідністю може здійснюватися відбір рішень. Відбір може здійснюватися на основі наступних критеріїв: ієрархічний відбір: добір рішень судів одної або кількох інстанцій залежно від їхнього ієрархічного статусу в правовій системі відповідної держави; географічний відбір: добір судових рішень, прийнятих одним або кількома судами, які визначені на основі їхнього географічного розташування; відбір по галузях права: добір судових рішень у одній або кількох галузях права, як, наприклад, кримінальне, природоохоронне, процесуальне, шлюбне право тощо; відбір суттєвих справ: добір судових рішень залежно від того, становлять останні або ні достатній правовий інтерес.

Відносно суттєвих рішень, а також процесуальних справ, можуть застосовуватися наступні керівні принципи. Відбір має здійснюватися в спосіб, який забезпечить об'єктивність і репрезентативність правової бази даних. Відбір має, з одного боку, забезпечувати широкий і всебічний доступ до інформації про судові рішення а, з іншого — виключати ймовірність накопичення неактуальної та некорисної інформації. Відбір має здійснюватися одною чи кількома особами, які мають належну правову підготовку. Він може відбуватися поетапно, наприклад, із застосуванням методу попереднього відбору. Відбір суттєвих справ має здійснюватися в такий спосіб, щоб забезпечити широке залучення послуг експертів і враховувати різні думки та точки зору. Особами, які здійснюють відбір рішень, можуть бути судді, викладачі права в університетах, адвокати, прокурори, інші державні службовці. До кола таких осіб можуть також належати представники професійних об'єднань, юридичних періодичних видань та інших служб правової інформації.

Юридичні документи повинні подаватися у спосіб, що забезпечить можливості безпечного та швидкого пошуку. За можливістю, судові рішення підлягають обов'язковому зберігання у формі повних оригінальних текстів. Крім того, необхідно дослідити можливість використання таких методів підвищення функціональності бази даних як: заголовки; ключові слова; фіксований словник; витяги; коментар; резюме, аналіз; примітки. Наприклад, посилання на статутне право, прецедентне право, доктрину; інформація про апеляції та результат їхнього розгляду.

Під час застосування інформаційних систем правової інформації виникають питання щодо конфіденційності та захисту особистих даних. Відповідно зазначені питання мають регулюва-

тися національним законодавством згідно з принципами, викладеними в Конвенції про захист приватних осіб у контексті автоматизованої оброблення особистих даних.

Найбільш поширеними інформаційно-правовими (довідково-правовими, правовими інформаційно-пошуковими) системами, які застосовують адвокати у своїй професійній діяльності є: інформаційно-правова система «ЛІГА: ЗАКОН» (<https://ligazakon.net>); професійна-правова система «МЕГА-НАУ» (<http://www.nau.kiev.ua/>) та IPLEX (нове покоління правових систем для смартфонів, планшетів, ноутбуків); система правової підтримки «ІНФОДИСК», яка пропонує такі інформаційні ресурси як «Законодавство», «Інфодиск: ЮРИСТ»; довідково-правові системи «Дінай» (<http://dinai.com/>); інформаційно-правова система «Прецедент2» (<https://precedent.ua>); аналітично-правова система для адвокатів та юристів «ZakonOnline» (<https://zakononline.com.ua/>); юридична інформаційно-пошукова система «Законодавство» (<http://zakonodavstvo.biz.ua/>); інформаційно-аналітична система законодавства України «Парус Консультант» (consultant.parus.ua) та багато інших.

Широкого застосування в адвокатській діяльності набула й база даних «Законодавство України» (<https://zakon4.rada.gov.ua/laws>), яка розміщена на офіційному веб-сайті Верховної Ради України. Використовують довідкові правові системи й адвокати зарубіжних країн.

Сьогодні ZakonOnline — одна з кращих систем пошуку судової практики, про що свідчить платне використання системи компаніями, які є лідерами сучасного юридичного ринку («ASTERS», «EVERLIGAL», «Gramatskiy&Partners», «Кравець і партнери»). ZakonOnline дозволяє швидко знайти правову позицію як Верховного Суду так і Європейського суду з прав людини, проаналізувати судову практику, знайти судові рішення або нормативний акт, переглянути інформацію про судові засідання. Система буде корисною як для юристів, адвокатів, суддів, які цінують свій час, так і для тих, хто тільки планує ними стати.

Зручний інтерфейс ZakonOnline являє собою функціонал моніторингу стану справи, особистий кабінет користувача, маркування документів та мобільна версія дозволяє легко та у кілька кліків знайти судові рішення, правову позицію і проаналізувати судову практику по тій чи іншій проблематиці (рис. 1).

Інтерфейс системи є не вибагливим та побудований по інтуїтивному пошуку маршруту даних і дозволяє моніторити не лише наявність правових позицій, а також її зміни в актуальність.

Повнотекстовий пошук в ZakonOnline йде з урахуванням української морфології, а в багатослівних запитах система не ігнорує так звані стоп-слова, до яких належать прийменники, частки, сполучники (рис. 2). Порядок дії логічних операторів можна задавати включеними кнопками в самому інтерфейсі системи. Щодо доступу комп'ютеризованих систем правової інформації до джерельних текстів судових рішень, включаючи тексти у формі, яка зчитується машиною, і доступу користувачів до зазначених систем.

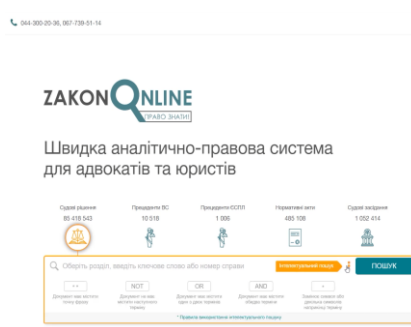


Рис.1. Головне меню програми ZakonOnline

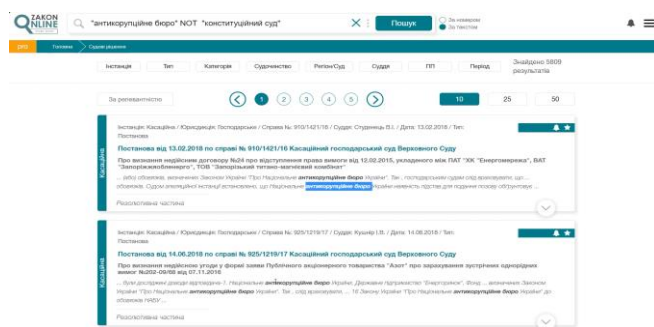


Рис. 2. Вікно реалізації пошуку програми ZakonOnline

Основними перевагами системи ZakonOnline є: простота та зрозумілість у використанні; унікальний алгоритм, що дозволяє видавати найбільш релевантні рішення; отримані результати містять суть справи та ключові слова в контексті рішення; інтелектуальний пошук, що дозволяє формулювати складні запити з високою точністю; спеціальні закладки в тексті, які дають змогу перейти до необхідних рішень у справі; добірка актуальних правових позицій; особистий кабінет, що надає швидкий доступ до всіх упорядкованих матеріалів; незалежність роботи системи; наявність зручної версії для смартфонів та планшетів.

Потрібно звернути увагу на алгоритм роботи пошукової системи. На відміну від державного реєстру судових рішень, пошукова видача дозволяє одразу побачити рішення третьої інстанції, які найбільш цікаві для шукачів судової практики. Вводимо запит, натискаємо на пошук і бачимо рішення касації вже на першій сторінці без застосування додаткових фільтрів.

Використовуючи систему ZakonOnline слід звернути увагу на максимальну інформативність. Найкращим способом знайти необхідну правову позицію серед мільйонів рішень є застосування фільтру «Правові позиції» в розділі «Судові рішення». Досить швидко можемо отримати тільки ті рішення, за якими система містить правову позицію.

Кожна правова позиція Верховного Суду в системі складається з фабули справи, мотивації касаційної скарги, правових висновків та ключових слів, що допомагають при пошуку практики. Саме чітка структура системи дозволяє максимально швидко зорієнтуватися та визначитися з релевантністю результатів пошуку.

В систему ZakonOnline впроваджено також функціонал, що демонструє, чи є правова позиція актуальною на даний момент часу. Кожна з правових позицій має маркування у вигляді щитів. Якщо ви знайшли правову позицію, яка підходить для ваших правовідносин, але вже є неактуальною (вона позначається розбитим щитом).

Надзвичайно важливо вчасно отримувати інформацію про нові судові рішення та заплановані засідання, оскільки своєчасно отримана інформація забезпечить можливість прийняття найбільш ефективного процесуального рішення. В ZakonOnline реалізовано можливість автоматичного моніторингу найважливіших подій у судових справах. Достатньо зазначити коректний номер справи, та пуш-повідомлення, лист на пошту, sms-повідомлення будуть негайно відправлені користувачу системи, як тільки з'явиться свіже рішення чи нова інформація по засіданнях.

Дізнатися, як застосовуються та чи інша норма права в судовій практиці; переглянути тексти нормативних актів, на які посилаються судді у своїх рішеннях; швидко переглянути скорочену версію правових висновків дозволяють зв'язки між розділами. Це є однією з найбільших переваг об'єднання всіх робочих інструментів правника в одній системі.

Ще одним лайфхаком системи є перехід по рішеннях справи в один клік. Вкладки позначені кольоровими індикаторами, що дозволяє легко зорієнтуватися, суд якої інстанції приймав рішення. Ключові написи підкажуть дату прийняття рішення та його тип, що збереже багато часу. Простий та швидкий пошук правових висновків по розділах «Прецеденти Верховного суду» та «Прецеденти Європейського суду з прав людини» можливо здійснювати завдяки категоризатору.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Інформаційні технології відіграють величезну роль в юридичній практиці, допомагають в швидкому пошуку, обробці та аналізі необхідної інформації, забезпечують досягнення високих показників діяльності юридичних організацій. Наразі фахівець з права має знати і вміти застосовувати сучасні технологічні рішення та способи автоматизації з використанням інформаційно-комунікаційних засобів. У повсякденну роботу юриста входять вже не тільки нові програми, які полегшують пошук нових клієнтів та спрощують обслуговування в юридичній сфері, а й інтелектуальні програми швидкого пошуку правильного підбору корисної інформації, яка надасть можливість прийняття оптимального управлінського рішення при керуванні суб'єктів правової діяльності.

Подальше дослідження у реалізації інформаційно-комунікативних технологій в змісті професійної юридичної практики фахівців з юриспруденції може виступити якісним індикатором у пошуках інноваційного ліцензійного програмного і апаратного забезпечення правника.

Список літератури

1. **Виганяйло С. М.** Інформаційне забезпечення професійної діяльності : навч.Посіб. / С. М. Виганяйло. – Харків : ХНУВС, 2021. – 108 с.
2. **Заплотинський Б.А.** Інформаційні технології в юридичній діяльності. Посібник. / Б.А. Заплотинський. – Київський інститут інтелектуальної власності та права НУ “Одеська юридична академія”, кафедра інформаційно-аналітичної та інноваційної діяльності, 2018.–108с.
3. **Юлія Сахарова.** Портрет юриста [Електронний ресурс]. - Газета //Закон і Бізнес. – Режим доступу: <https://zib.com.ua/ua/42815.html>. – Заголовок з екрану.
4. **Співаковський О.В., Шерман М.І., Стратонов В.М., Лапінський В.В.** Інформаційні технології в юридичній діяльності: базовий курс:[навчальний посібник]. – Херсон: ХДУ, 2012. – 220 с.
5. Методичні розробки курсу „Сучасні інформаційні технології” для студентів спеціальності “Правознавство” (6.030401) / Русіна Н. Г., Яреско Т. В.; Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – Київ: 2012. - 92 с.

6. Грицик Д. Д. Інформатизація – сучасна тенденція розвитку юридичної освіти в Україні /Д. Д. Грицик. //Сучасна правова освіта: [матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, Київ, Національний авіаційний університет, 23 лютого 2018 р.]. – Тернопіль: «Вектор», 2018. – С.142-143.
7. Мазниченко Н. І. Місце і значення експертних систем в області права / Н. І. Мазниченко// Scientific Collection «InterConf», (31): with the Proceedings of the 7 th International Scientific and Practical Conference «Science and Practice: Implementation to Modern Society» (October 6-8, 2020). Manchester, Great Britain: Peal Press Ltd., 2020. – С.192-201.
8. Мінченко А.В. Правова інформатика. Концепція інформатизації: Навчальний посібник./ А.В. Мінченко– К.: Арістей, 2003. – 286 с.
9. Николайчук Л.М., Безштанько О.П. Формалізація та інформатизація юридичних знань на основі продукційних моделей та графів взаємодії суб'єктів юриспруденції / Л.М. Николайчук, О.П. Безштанько // Штучний інтелект. — 2008. — № 4. — С. 395-401.
10. Уткіна Г. А., Доцюк Т. К. Вплив інформаційних технологій на формування професійних навиків майбутнього юриста/ Г. А. Уткіна, Т. К. Доцюк// Wloclawek, Republic of Poland February 26–27, 2021- С. 185-189.

УДК 336.71

А.М. ТУРИЛО, А.А. ТУРИЛО, доктори екон. наук, професори,
Р.В. КОРОЛЕНКО, канд. екон. наук, доц.
Криворізький національний університет

ЕФЕКТИВНІСТЬ І ПРИБУТКОВІСТЬ У СИСТЕМІ БАНКІВСЬКОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Мета. Удосконалення підходів щодо сутності й оцінки категорій «ефективність» і «прибутковість» відносно діяльності комерційних банків.

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного і логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. Розглянуто і досліджено такі категорії як «ефективність» (в даному випадку з подальшою конкретикою на економічну ефективність) і «прибутковість» (з подальшою конкретикою до діяльності комерційного банку).

Практична значимість. Практичний і методико-прикладний аспекти ефективності розкриваються і реалізуються через певну систему конкретних показників і критеріїв (кожен суб'єкт господарювання розробляє свою систему показників і критеріїв, тобто під свою специфіку діяльності).

Результати. Зазначено, що ефективність, як категорія, розкриває глибинну сутність цього явища, визначає змістовні й характерні його риси, має свої генезисні ознаки та природу походження. А прибутковість – це підпорядкована ефективності категорія, вона є предметною і конкретною формою прояву ефективності і саме в цьому є її методичне і практичне призначення.

У роботі запропоновано логічний критерій щодо визначення категорії ефекта (економічний ефект) і його двох видів (проміжного економічного ефекту і кінцевого економічного ефекту) та розрахунку на їх основі відповідно проміжної й кінцевої економічної ефективності.

Зазначено, що проміжна економічна ефективність трансформується в конкретні показники з термінологічною назвою «показники дохідності», а кінцева економічна ефективність трансформується в конкретні показники прибутковості.

Відносно комерційного банку і категорії «прибутковість» уточнено зміст показників мультиплікатор капіталу, чиста маржа прибутку і прибутковість. Відмічено, що перших два показника за своїм змістом не можуть бути віднесені до групи показників, що характеризують прибутковість комерційного банку.

Ключові слова: ефект, ефективність, дохідність, прибутковість, показник, банківський менеджмент.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-30-34

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Банківський менеджмент, як і менеджмент будь-якого суб'єкта підприємницького господарювання, орієнтується в своїй діяльності на отримання максимальних фінансово-економічних результатів, а це не можливо без забезпечення ефективного розвитку комерційного банку.

Ефективність і прибутковість комерційного банку відносно змісту і термінологічного апарату потребують удосконалення.

Аналіз досліджень і публікацій. В економічній літературі питання взаємозв'язку і відмінностей категорій ефективність, дохідність і прибутковість відносно діяльності комерційних банків досліджено недостатньо повно [1–10 та ін.].

Постановка задачі. Удосконалення підходів щодо сутності й оцінки категорій «ефективність» і «прибутковість» відносно діяльності комерційних банків.

Викладення матеріалу та результати. Банківський менеджмент – це багатогранна, складна й специфічна річ, а ефективність в ньому займає провідне місце.

Разом з тим категорії «ефективність» і «прибутковість» стосовно комерційних банків досліджені недостатньо повно й без відповідних акцентів відносно їх сутності, підпорядкованості та оцінювання.

Ми вважаємо, що ефективність і прибутковість – це різні категорії, які мають свою сутність, призначення та нішу використання.

Ефективність є категорією вищого порядку по відношенню до категорії прибутковості, однак в переважній більшості їх використовують як тотожні поняття за сутністю, аналізом, вимірюванням тощо.

Розмежування ефективності і прибутковості полягає в наступному.

Ефективність, як категорія, розкриває глибинну сутність цього явища, визначає змістовні й характерні його риси, має свої генезисні ознаки та природу походження. А прибутковість є предметною і конкретною формою прояву ефективності.

Цей аспект визначає статус і теоретико-методологічну сутність ефективності, як узагальнюючої категорії. Вона є основою для визначення всіх інших, похідних від неї, видів ефективності.

Таким чином, сфера пізнання ефективності – це теорія, методологія, філософія, діалектика та узагальнююча сутність явища. Предмет пізнання ефективності – це її внутрішнє наповнення і місце в системі загальної оцінки діяльності суб'єкта господарювання.

Практичний і методико-прикладний аспекти ефективності розкриваються і реалізуються через певну систему конкретних показників і критеріїв.

Саме в такому ракурсі потрібно досліджувати і використовувати категорію ефективність (рис. 1).



Рис. 1. Ефективність з позиції теоретико-методологічного та методико-прикладного дослідження й застосування

Ефективність – як термін походить від слова ефект. Важливо визначити зміст ефекту в ринковій моделі господарювання.

На наше переконання зміст категорії «ефект» для ринкової моделі знаходиться в ключовому аспекті господарської діяльності, який має назву «момент купівлі-продажу». Принципово, з позиції ринкової сутності продукт стає товаром тільки за умови і в момент його продажу (фіксується реальний обсяг реалізації і фактична величина прибутку). Продукт нереалізований залишається продуктом і не більше (зиску від нього суб'єкту господарювання в такому сенсі не-

має). І саме тому ефектом для підприємства виступають тільки обсяг реалізації і величина прибутку від такої реалізації.

Причому обсяг реалізованої продукції представляє собою проміжний ефект, а ефективність по аналогії в цьому випадку буде мати термін «проміжна ефективність», тоді як прибуток відповідно характеризує кінцевий економічний ефект (або просто економічний ефект), а ефективність в такому випадку визначається як кінцева економічна ефективність (або просто економічна ефективність) (рис. 2).

Вищезазначене відкриває шлях до конкретизації категорії «ефективність» у сфері банківської діяльності.

Ефект для комерційного банку реалізується в загальному випадку або у вигляді певного доходу (це проміжний ефект), або у вигляді прибутку (це кінцевий ефект).

Дохід визначає термін «дохідність», а прибуток – відповідно термін «прибутковість».

Дохід і прибуток – це різні показники за змістом. Об'єднує їх те, що обчислюються вони як абсолютні величини.

Дохідність та прибутковість – це завжди відносні величини і розраховуються вони як відношення відповідно доходу та прибутку до величин, що пов'язані з ними (визвали їх), тобто з певними видами витрат.



Рис. 2. Критерій розмежування категорій «продукт» і «економічний ефект» і особливості формування категорій «продуктивність», «проміжна ефективність», «економічна ефективність» («кінцева економічна ефективність»)

Проміжний ефект для комерційного банку конкретизується в таких показниках, як: процентні доходи, комісійні доходи, доходи від торговельних операцій та інших банківських доходах.

Проміжна ефективність комерційного банку отримує свою кількісну конкретику в показниках дохідності, а саме:

показник процентної дохідності (ППД), який розраховується як співвідношення процентних доходів і доходних активів;

показник комісійної дохідності (ПДК), який розраховується як співвідношення комісійних доходів і доходних комісійних активів;

показник торговельної дохідності (ПТД), який розраховується як співвідношення доходів від торговельних операцій і доходних торговельних активів;

інші показники.

Кінцевий ефект (просто економічний ефект) для комерційного банку конкретизується в прибутку (точніше в двох його базових показниках: чистому і загальному прибутку).

Економічна ефективність (кінцева економічна ефективність) комерційного банку фокусується в практичній площині в низці важливих показників:

показник прибутковості комерційного банку (ППКБ), який розраховується як співвідношення чистого прибутку банку і активів банку;

показник прибутковості акціонерного капіталу (ППАК), який розраховується як співвідношення чистого прибутку банку й акціонерного капіталу;

В закордонній практиці широко використовується показник SPRED, який розглядається як різниця співвідношення процентного доходу до доходних активів і співвідношення процентних втрат до пасивів, за якими сплачуються проценти.

З позиції ефективності показник SPRED, на наш погляд, характеризує такий її вид як «активно-пасивна ефективність комерційного банку» (тому, що він відображає активні й пасивні операції банку в їхній єдності).

Вона дуже важлива в системі менеджменту банку та ґрунтовної оцінки його діяльності, але в цьому випадку показник SPRED маючи відношення до ефективності, не входить в систему показників прибутковості комерційного банку (відсутній фактор наявності безпосередньо величини прибутку в такій оцінці).

Відповідати сутності категорії «прибутковість» (прибутковість комерційного банку) буде такий показник, який на відміну від представленого вище показника SPRED, буде базуватись на величині прибутку (певного виду). Нижче представимо один із них.

Прибутковість доходних активів (ПДА), який розраховується як відношення різниці процентних доходів і процентних втрат до доходних активів.

Аналогічно можна обчислити і інші види прибутковості (в залежності від вибраного виду доходу комерційного банку).

Доволі часто в процесі аналізу й управління прибутковістю комерційного банку використовують також інші показники закордонного походження:

мультиплікатор капіталу (МК), який розраховується як співвідношення активів банку і власного капіталу банку;

чисту маржу прибутку (NPM), який розраховується як співвідношення чистого прибутку банку і валових доходів банку.

Відносно цих показників (МК і NPM) маємо такий висновок:

показники МК і NPM не мають відношення (безпосереднього) до категорії «прибутковість комерційного банку». Основою до такої аргументації є те, що в показнику мультиплікатора капіталу (МК) відсутній економічний ефект у вигляді прибутку, тобто він не відповідає за економічним змістом сутності категорії «прибутковість». На противагу мультиплікатору капіталу показник чистої маржі прибутку (NPM) включає в свій склад прибуток, але співвідноситься він не з витратами, що спричинили його, а з валовими доходами комерційного банку і тим самим показник NPM відображає не прибутковість банку, а лише питому вагу чистого прибутку у валових доходах;

у загальній системі менеджменту і економічної оцінки діяльності банку показники МК і NPM відіграють важливу роль;

бажано процес використання зарубіжних показників і термінів здійснювати логічно, адаптивно, системно з відповідним та доступним розкриттям їх змісту, що забезпечить поступове й ґрунтовне проникнення в зарубіжний досвід наукових досліджень та процесів аналізу, оцінки, планування та управління об'єктами й явищами.

На теперішній час практично не існує всебічного і ґрунтового тлумачення категорії «прибутковість», і в тому числі категорії «прибутковість комерційного банку».

Авторське бачення проблем ефективності, якості, прибутковості, дохідності тощо в розвитку суспільства і його суб'єктів господарювання дозволило нам представити і рекомендувати до використання чи дискусії наступне трактування категорії «прибутковість комерційного банку».

Прибутковість комерційного банку – це категорія, яка на певний момент часу відображає в інтегрованому виді якість стану (рівень якісного розвитку) комерційного банку, є конкретним методико-прикладним проявом економічної ефективності, обчислюється як відносна величина через співвідношення прибутку і витрат, пов'язаних з його отриманням та несе в собі специфіку формування цих величин.

Висновок та напрямок подальших досліджень. Робиться наголос на розмежуванні ефек-

тивності та прибутковості за категоріальним змістом і призначенням в системі дослідження і теоретико - методичної оцінки діяльності суб'єкта господарювання.

Розглянутий вище матеріал стосовно категорій ефективності і прибутковості дозволяє більш ґрунтовно і системно підійти до аналізу, оцінки, планування, а значить і ефективного управління показником прибутковості комерційного банку.

Список літератури

1. Турило А.М., Корнух О.В., Турило А.А. Трансформація : характерні риси, вимоги до менеджменту корпорації та методологія оцінки. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* 2018. Вип.46. С.191-195.
2. Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В. Удосконалення системи і класифікації фінансово-економічних показників, як чинник забезпечення ефективного менеджменту, обґрунтованої оцінки потенціалу та якісного розвитку підприємства. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* 2022. № 54. С. 16-22.
3. Турило А.М., Турило А.А. Нова концепція ефективності : навч. посіб. Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2021. 132 с.
4. Банківські операції: підруч. / за заг. ред. О.В. Дзюблюка. Тернопіль: Економічна думка, 2009. 696 с.
5. Васюренко О.В. Банківські операції : навч. посіб. К. : Знання, 2011. 311 с.
6. Довгань Ж.М. Менеджмент у банку: підруч Тернопіль : Економічна думка, 2017. 512 с.
7. Зянько В.В., Коваль Н.О., Єпіфанова І.Ю. Банківський менеджмент : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2018. 126 с.
8. Лачкова В.М., Лачкова Л.І., Шевчук І.І. Фінансовий менеджмент у банку: навч. посіб. Х.: Видавництво: Іванченко І.С., 2017. 180 с.
9. Малахова О.Л., Михайлюк Р.В. Управління фінансовою стійкістю банків: навч. посіб. Тернопіль: Вектор, 2011. 300 с.
10. Примостка Л.О. Фінансовий менеджмент у банку : підруч. К. : КНЕУ, 2012. 338 с.

УДК 622.8

Н.Ю. ШВАГЕР*, д-р техн. наук, проф., О. В. НЕСТЕРЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
І. А. СЕРЕДЕНКО, магістр
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ БЕЗПЕЧНОМУ ВИКОНАННЮ РОБІТ НА ПІДЗЕМНИХ РОБОТАХ В АТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ»

Мета. Метою даної статті є аналіз та розробка методів попередження виробничого травматизму та іноваційних засобів навчання гірничих працівників безпечним методам роботи в умовах АТ «Кривбасзалізрудком».

Методи дослідження. У статті використано загальнонаукові методи дослідження. За основу при проведенні дослідження було покладено системний підхід. Проаналізовано причинно- наслідковий зв'язок виробничого травматизму та навчання персоналу безпечним методам роботи. Встановлено, що такі порушення, частково, пов'язані із низькими знаннями та з недостатньою ефективністю методів навчання безпечному веденню гірничих робіт, які не повною мірою враховують вплив порушень правил безпеки на динаміку ризиків травматизму, та недосконалість засобів, які використовуються в оперативному контролі трудової діяльності гірників на всіх стадіях виробничого процесу.

Наукова новизна. Находячи з аналізу виробничого травматизму залежно від стажу роботи в АТ «Кривбасзалізрудком» був визначений період протягом якого доцільно здійснювати навчання гірників стійким навичкам трудової діяльності.

Практична значимість. Для набуття стійких навичок виконання робіт запропоновано метод навчання персоналу з використанням техніки візуалізації кінематики рухів гірників при виконанні заданої роботи та порівняння отриманих результатів з «еталонною» моделлю. Для професії прохідника було визначено найважливіші з позиції біомеханіки елементи професійної діяльності наприклад, зачистка лунки (канавки) під встановлення стійки рамного кріплення.

Результати. Проведено аналіз травматизму на АТ «Кривбасзалізрудком». Встановлено що, в цілому, виробничий травматизм, не зважаючи на заходи попередження, присутній, знаходиться у незадовільному стані і потребує додаткових заходів для його недопущення. Проаналізовано системи навчання з охорони праці працівників на підземних роботах. Показано, що на даний момент система навчання має інформаційний характер і не містить елементів відпрацювання навичок виконання конкретних технологічних операцій. Водночас існуючі програми дозволяють тільки підвищити освітній рівень персоналу та не призначені для використання при відпрацюванні практичних навичок безпечних прийомів праці. Запропоновано для навчання та контролю необхідних навичок безпечного виконання основних робіт використання техніки візуалізації кінематики рухів.

Ключові слова: виробничий травматизм, аналіз, навчання персоналу, безпека праці, кінематика руху, біомеханіка, контроль.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-34-39

Постановка проблеми та її зв'язок з науково-практичними задачами. Зі зростанням інтенсифікації праці в гірничому виробництві підвищуються вимоги до забезпечення безпеки робітників. Зниження травматизму при розробці родовищ корисних копалин (залізної руди) підземним способом, в умовах АТ «Кривбасзалізрудком», має бути реалізовано за рахунок превентивного попередження виникнення небезпечних виробничих факторів. З аналізу виробничого травматизму, встановлено, що однією з причин травмування робітників на залізрудних шахтах є порушення при здійсненні технологічних процесів. Такі порушення, частково, пов'язані із низькими знаннями та з недостатньою ефективністю методів навчання безпечному веденню гірничих робіт, які не повною мірою враховують вплив порушень правил безпеки на динаміку ризиків травматизму, та недосконалість засобів, які використовуються на оперативному контролі трудової діяльності гірників на всіх стадіях виробничого процесу.

Водночас питання запобігання порушенню вимог безпеки або зменшенню їх кількості, а також виключення появи повторних порушень вивчено недостатньо. Тому актуальність теми дослідження та попередження виробничого травматизму в умовах АТ «Кривбасзалізрудком» за рахунок його контролю та підвищення навчання з охорони праці, визначається необхідністю розробки нових методів попередження виробничого травматизму і іноваційних засобів навчання гірничих працівників безпечним методам роботи.

Постановка завдання. Метою даної статті є аналіз та вдосконалення процедур навчання нормам та вимогам безпечної праці персоналу залізрудних шахт та контролю за їх виконанням.

Аналіз досліджень і публікацій. Керівництво по системі управління охороною праці АТ «Кривбасзалізрудком» СТП- 00191307-Р-2001 (у новій редакції), розроблене з урахуванням вимог діючого законодавства України з охорони праці.

АТ «Кривбасзалізрудком» має Сертифікат по системі управління гігієною і безпекою праці ДСТУ OHSAS 18001:2010, яким підтверджується відповідність діючому законодавству України з охорони праці [1]. З метою впровадження на підприємстві найкращих світових практичних досягнень, в ході виконання «Програми підвищення ефективності охорони праці, промислової безпеки та охорони навколишнього середовища», розроблені і виконуються корпоративні Стандарти з охорони праці, промислової та пожежної безпеки.

Аналіз виробничого травматизму АТ «Кривбасзалізрудком» свідчить, що не зважаючи на заходи з попередження, випадки травматизму, у тому числі, смертельні мають місце. У порівнянні за період 2012-2019р. є значні покращання і зниження кількості випадків, але негативні показники присутні [2].

Аналіз за динамікою коефіцієнтів частоти і тяжкості наведено на рис.1 [3] і показує, що рівень травматизму ще залишається досить високим.

Рис.1. Динаміка травматизму за коефіцієнтами частоти та тяжкості АТ «Кривбасзалізрудком»

Розуміючи це, на комбінаті розроблена і виконується «Програма підвищення ефективності системи охорони праці, промислової безпеки і охорони довкілля» погоджена Правлінням комбінату. У рамках цієї програми розроблений і впроваджений ряд внутрішніх нормативних документів по охороні праці [4, 5].

Аналіз травматизму по стажу свідчить, що найбільш схильні до травмування працівники категорії, які пропрацювали більше 10 років. На другому місці — 5-9 років, Третє та четверте місце, приблизно порівну працівники зі стажем до 1 року та 1-2 роки. Аналіз травматизму по віку свідчить, що найбільше схильні до травмування працівники віком від 31 до 50 років. Тобто, це є найбільш продуктивний вік працівників із сторони досвіду та знання виконання виробничих завдань.



Аналіз травматизму за причинами:
невиконання вимог з охорони праці — найбільш поширена причина;
невиконання посадових обов'язків;
особиста необережність;
невикористання засобів індивідуального захисту;
травмування внаслідок протиправних дій інших осіб;
виконання робіт з відключеними або несправними засобами колективного захисту;
незадовільний стан технічних об'єктів [2].

На підприємстві ведеться робота по створенню ризикорієнтованого підходу до безпеки праці на базі стандарту ISO. Переглядаються інструкції з охорони праці та інші нормативні документи з урахуванням матриці оцінки ризиків. Кожному робітнику доводяться можливі ризики та їх наслідки. Також для підвищення особистої відповідальності працівників, через розуміння можливих наслідків їх небезпечних дій, створення єдиної політики безпеки та оцінки можливих ризиків, єдиного системного підходу оцінки небезпек і дій переглядається Положення «Наглядай! Аналізуй! Безпечно Організуй Роботу» (НАБОР), де в основу покладено ідентифікація можливих ризиків та їх наслідків. З метою залучення робітників дільниць у процес виявлення небезпек і оцінки ризиків на робочих місцях, на підприємстві розроблена та введена в дію «Процедура ідентифікації небезпек і оцінки ризиків».

Для створення єдиної системи виявлення корінних причин, які є причиною подій, зменшення травматизму шляхом виявлення системних небезпечних дій працівників і розробки ефективних застережливих заходів, розроблено і введено в дію «Положення про порядок виявлення першопричин подій».

Для зниження травматизму шляхом підвищення відповідальності кожного працівника, усвідомлення працівником своїх зобов'язань з дотримання правил безпеки, підвищення трудової і виробничої дисципліни, розроблений і введений в дію «Статут промислової безпеки». Також для систематизації постійних робочих місць, впорядкування зберігання різних матеріалів на робочих місцях, підвищення продуктивності праці, підвищення безпеки на робочих місцях, зменшення ризику виникнення пожежі, зменшення ризику травмування на робочих місцях, підвищення дисципліни працівників в частині змісту свого робочого місця, розроблено і введено в дію «Положення про раціональну організації стаціонарних робочих місць».

З метою удосконалення системи мотивації персоналу, виявлення основних важелів стимулювання, залучення персоналу до роботи по поліпшенню умов праці на робочих місцях, затверджено «Положення про показники і розміри преміювання працівників шахт і ШСУ».

Додатково до цих нормативних документів розроблено і введено в дію «Положення про порядок забезпечення безпеки виконання робіт (послуг) підрядними організаціями», яке дозволило встановити єдині вимоги по взаємодії між структурними підрозділами комбінату і підрядними організаціями.

В цілому, не зважаючи на заходи попередження, виробничий травматизм присутній і потребує додаткових заходів для його недопущення [1].

Викладення матеріалу та результатів. Навчання з питань охорони праці та перевірка знань проводиться у порядку, встановленому наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 N15 та НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [4]. Згідно з нормативними документами, визначено порядок проведення навчання та види інструктажу при прийомі на роботу та у процесі трудової діяльності працівників.

Роблячи аналіз з нормативної бази та процесу навчання з питань безпеки праці, можна стверджувати що загальним недоліком всіх видів навчання з охорони праці є теоретичний, чисто інформаційний характер набуття знань та відсутність умов для оволодіння навичками безпечної роботи. Слід виділити окрему категорію працюючих в умовах підвищених вимог безпеки, яких слід навчати не лише загальним питанням охорони праці, а, перш за все, відпрацюванню навичок виконання безпечної роботи.

В АТ «Кривбасзалізрудком», для навчання працюючих правилам охорони праці, застосовують такі комп'ютерні навчальні програми: контролюючі; довідкові (інформаційно-пошукові); тренажери-імітатори; навчальні програми, що включають електронну документацію (накази,

розпорядження, НПАОП, закони). Також використовують віртуальні тренажери, полігони для навчання працівників де краще відпрацьовувати безпечні прийоми праці.

Періодично проводяться змагання майстерності. Головним критерієм майстерності є безпомилкове використання безпечних прийомів праці. Для інженерно-технічних працівників використовуються навчальні програми розвиваючого характеру: формуються тематичні «кейси», що представляють інноваційну розробку, актуальну для конкретного підприємства, представником якого є той, хто навчається. Практика показує, що виконання такого завдання працівником, безумовно, підвищує його професійний рівень [5].

Але, з урахуванням кількості випадків травматизму, такого навчання недостатньо. Його вдосконалення можливо за рахунок моделювання кінематики рухів людини. Моделювання кінематики рухів людини є одним з найбільш ефективних способів вивчення його функціональних особливостей, що дозволяє встановити зони переміщення у просторі та часі кінцівок людини [6].

Використання цього методу дозволяє визначити динамічні параметри виробничого процесу, вивчити його взаємозв'язок з об'єктами, провести оцінку кількісних та якісних характеристик, у тому числі в порівнянні з характеристиками, що вважаються «еталонними».

Так звані «віртуальні» методи, що широко застосовуються в даний час, базуються на використанні різного виду комп'ютерних тренажерів і дають можливість не лише вивчити реакцію людини на виникнення небезпечних, нештатних ситуацій, але і навчити його діям для їх оперативного попередження чи мінімізації [6].

В основі вивчення кінематики руху людини, в умовах, наближених до реальних, можна сформувати у працівника стійкі навички виконання виробничих операцій, що забезпечують необхідний рівень безпеки за мінімальних енерговитрат. Досвід вивчення кінематики руху у таких галузях, як спортивна біомеханіка, робототехніка, ергономіка, фізіологія, реабілітаційна та космічна медицина, свідчить про те, що цей метод є дуже ефективним для навчання працівників діям та прийомам, що сприяють вирішенню поставлених завдань, та подальшому контролю за їх виконанням.

До найпоширеніших методів вивчення кінематики руху людини відносяться: системи відеоаналізу рухів Raptor-12, Xsens, Vicon, AnyBody, біомеханіка «Траст-М» [6].

Система відеоаналізу рухів Raptor-12 («MotionAnalysis», США) складається з 12 відеокamer, які у спеціальному порядку розташовані у приміщенні. На тілі людини, що досліджується прикріплюються маркери у вигляді світловідбиваючих стікерів. До персонального комп'ютера підключають усі камери. Потім на комп'ютері відбувається обробка інформації, що надходить у режимі реального часу (рис.2) [7]. Головним недоліком цієї системи є довга тривалість обстеження.

Однією із сучасних систем тривимірного моделювання рухів людини є інструмент системи Xsens, який володіє можливостями візуалізації (рис.3) переміщень опорного скелета людини. Він розроблявся як додатковий інструмент до вимірювальної системи Xsens на основі костюма з інерційними датчиками, і тому не має ані анатомічної точності, ані є широким інструментом. Основна проблема цієї системи полягає у втраті інформації під час перетворення даних [8].

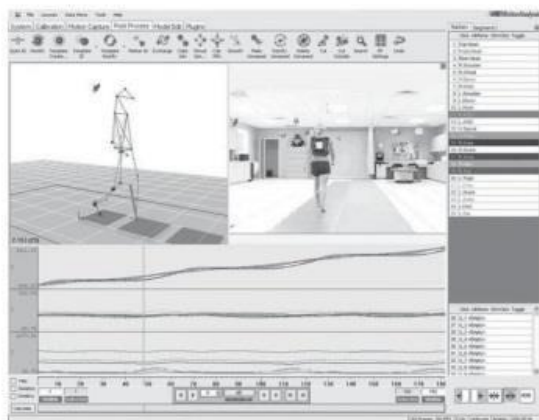


Рис. 2 Реєстрація біомеханіки ходьби за допомогою системи MotionAnalysis

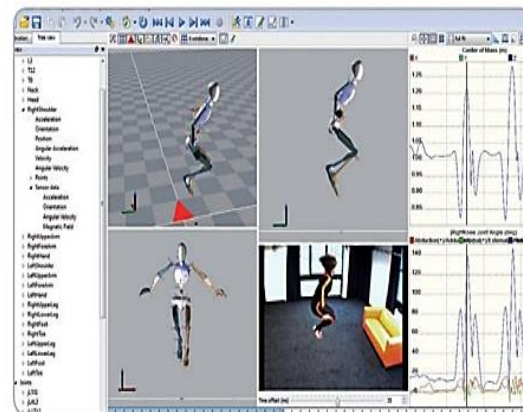


Рис. 3 Візуалізація рухів людини у системі Xsens

Найбільш широко у світі використовується система Vicon, але застосовується вона, переважно, для дослідницьких медичних завдань. Її використовують у деяких медичних центрах світового рівня. Система дозволяє виконувати масо-динамічний та структурний аналіз руху людини з використанням вимірювальних систем, що підключаються. Її недолік такий же, як у Системі Xsens. Підсистема візуалізації є лише доповнюючим елементом до основної підсистеми виміру (оптичне захоплення руху за допомогою маркерів). Також для використання даної системи необхідно коштовне обладнання та значна площа приміщення [9].

Для збільшення функціональних характеристик вище перерахованих систем їх часто доповнюють системою AnyBody. Ця система є програмним забезпеченням, здатним відображати роботу м'язів і кісток під час руху у вигляді тривимірної моделі руху. Система зафарбовує м'язи в залежності від зусиль, які вони розвивають. при русі, а елементи, які не беруть участь у русі робить прозорими [10].

Модифікація комплексу «Траст-М» Біомеханіка призначена для повного циклу діагностування опорно-рухомої системи. Цей комплекс дозволяє реєструвати та робити аналіз кинематики рухів, функціонування мязового каркасу, ротації у суглобах, тремори, асиметрії тощо. Оцінювання рухів відбувається за даними гоніограми, подометрії, сумарній ЕМГ, стабілометрії, амплітудам, швидкостям та фазам рухомих локацій [6,11].

Переваги даного комплексу в тому, що мініатюрні датчики «Траст-М» для реєстрації біомеханічних параметрів розміром з «сірникову коробку» і вагою 40 грам зручні для дорослих та дітей. Програмне забезпечення дозволяє проводити реконструкцію рухів на 3D моделі «Скелет», «М'язовий каркас» з візуалізацією локомоцій та фаз м'язової активності. Проводиться фазовий аналіз циклічних рухів, порівняння отриманих даних, аналіз усереднених результатів, зіставлення із нормою. Прецизійні датчики «Траст-М» забезпечують високу точність реєстрації параметрів, що задаються. Час підготовки пацієнта для процедури складає 5-15 хвилин, у той час як на оптичних системах підготовка пацієнта займає 40-60 хвилин. Мобільність комплексу дає можливість проводити «виїзні» обстеження, не вимагає спеціалізованого приміщення. Вбудовані акумулятори забезпечують автономну безперервну роботу сенсорів «Траст-М» до 5 годин від однієї зарядки. Передача даних відбувається за допомогою телеметричних каналів в (WIFI или Bluetooth). Синхронна робота 16 біомеханічних сенсорів з 32 каналами ЕМГ дозволяє реєструвати локомоції основних частин тіла з одночасним скороченням мязових груп (рис. 4) [6,11].

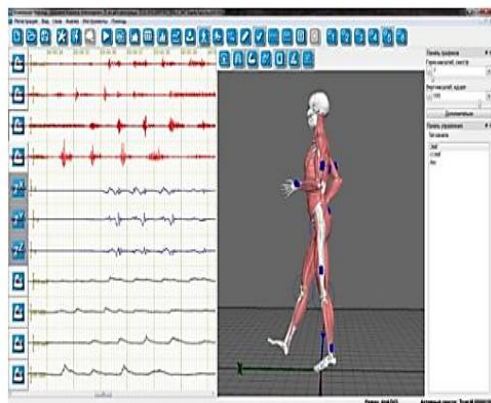


Рис.4 Відображення результатів дослідження на персональному комп'ютері за допомогою Біомеханіки «Траст-М»

Переваги інерційної біомеханіки «Траст-М» у порівнянні з оптичними аналогами полягають в наступному.

По перше, це простота проведення обстеження. Підготовка пацієнта не потребує великої кількості маркерів. Оптична система передбачає установку 3-х маркерів на один сегмент, у той час як у Біомеханіці «ТрастМ» потрібно встановити лише один датчик на сегмент тіла, що скорочує час проведення обстеження у 3 рази.

По друге, швидка підготовка комплексу до роботи. Комплекс Біомеханіка «Траст-М» швидко розгортається, не потребує складного монтажу відеокамер, що не вимагає багато місця, датчики зберігаються в компактному кейсі.

Виходячи з аналізу виробничого травматизму залежно від стажу роботи на АТ «Кривбас-залізрудком» був визначений період протягом якого доцільно здійснювати навчання гірників стійким навичкам трудовий діяльності. Як показав аналіз, причиною вищого рівня травматизму в початковий період виробничої діяльності є не досить висока кваліфікація працюючого персоналу, важливим компонентом якої є наявність необхідних послідовності та прийомів здійснення технологічних операцій.

Для набуття у гірників стійких навичок виконання робіт запропоновано метод навчання персоналу з використанням техніки візуалізації кинематики рухів гірників при виконанні зада-

ної роботи та порівняння отриманих результатів з «еталонною» моделлю[7]. Для професії прохідника було визначено найважливіші з позиції біомеханіки елементи професійної діяльності наприклад, зачистка лунки (канавки) під встановлення стійки рамного кріплення.

Висновки і розвиток подальших досліджень.

1. Проведено дослідження та аналіз виробничого травматизму на АТ «Кривбасалізрудком» з 2012 по 2019 роки. Встановлено що, в цілому, виробничий травматизм, не зважаючи на заходи попередження, присутній, знаходиться у незадовільному стані і потребує додаткових заходів для його недопущення. Як один з критеріїв при цьому, може бути обрана кількість порушень правил безпеки, у тому числі порушень, що повторюються.

2. Аналіз системи навчання з охорони праці працівників на підземних роботах показав, що на даний момент система навчання має інформаційний характер і не містить елементів відпрацювання навичок виконання конкретних технологічних операцій.

3. Комп'ютерні навчальні та контролюючі програми з охорони праці, що використовуються, сприяють підвищенню ефективності навчання. Водночас існуючі програми дозволяють тільки підвищити освітній рівень персоналу та не призначені для використання при відпрацюванні практичних навичок безпечних прийомів праці.

4. Для навчання та контролю наявності у підземного персоналу необхідних навичок безпечного виконання основних робіт може бути використана техніка візуалізації кінематики рухів.

Список літератури

1. ДСТУ OHSAS 18001:2010 Системы управления гигиеной и безопасностью труда. Требования (OHSAS 18001:2007, IDT) http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=27641.
2. Статистичний звіт виробничого травматизму АТ «Кривбасалізрудком» 2020р.- 27с.
3. Звіт АТ «Кривбасалізрудком» для захисту виробничої програми 2020 р.- 54с.
4. НПА ОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (33829) <https://dnaop.com/html/33829/doc-0.00-4.12-05>
5. Програма підвищення ефективності системи охорони праці, промислової безпеки і охорони довкілля. Погоджена Правлінням комбінату АТ «Кривбасалізрудком. 2018. 61с.
6. **Гришина А.М.** Предупреждение производственного травматизма на угольных шахтах на основе усовершенствования процедур обучения и контроля. Диссертация на соискание научной степени. – Санкт-Петербург, 2016. – 99с.
7. Raptor-4 Specifications – Biotech <http://www.biotechindia.net>.
8. Xsens - Sport Pro System <https://sportprosystems.ru> > xsens.
9. Системы Vicon .Digital Cinema Ukraine.<https://film.ua> > news.
10. AnyBody Modeling System Floating License софт <https://www.syssoft.ru/AnyBody-Technology/AnyBody-Modeling-System-Floating-License>.
11. Биомеханика ТРАСТ-М <http://www.neurocor.ru>

УДК 621.311

Ю.Г. ОСАДЧУК, О.І. САВИЦЬКИЙ, кандидати техн. наук, доценти,
А.І. КУПІН, д-р техн. наук, проф., Ю.В. ШЕРСТНЬОВ, студент, магістрант
Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ ПІДСТАНЦІЙ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ

Мета роботи. Обґрунтування застосування нових підходів до підвищення якості напруги живлення та струму підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів, а також поліпшення комутаційних процесів включення, відключення ФКУ.

Методи досліджень. Виконано технологічний аудит підвищення ефективності напруги живлення підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів. Проведено лабораторні експериментальні дослідження, електронне моделювання, а також теоретичний аналіз та узагальнення результатів досліджень за стандартними та новими методиками. В результаті проведено моделювання у програмному забезпеченні MatlabSimulink увімкнення та вимкнення компенсуючих пристроїв на підстанціях з метою визначення їх негативного впливу на параметри мережі та життєвий цикл комутаторів.

Наукова новизна. Виконано моделювання та розглянуті різні варіанти комутації конденсаторних установок

ФКУ з метою оцінки їх негативного впливу на мережу живлення. Запропоновані методи корекції параметрів потужності ФКУ, які забезпечують мінімальну плату підприємства за реактивну потужність з урахуванням реальних режимів навантаження споживачів.

Практична значимість. Для поліпшення якості параметрів мережі найчастіше застосовуються ФКУ, що виконують функцію компенсації реактивної потужності і фільтрації складових гармонійних параметрів електромережі. Комутація конденсаторних установок часто призводить до виникнення значних завищень напруги та струму і зменшення їх життєвого циклу, що призводить до додаткових збитків. Тому вивчення роботи ФКУ для підвищення якості напруги підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів - важливе наукове та практичне завдання.

Результати. Наведено основні наукові та практичні результати при обґрунтуванні підвищення якості напруги і струму підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів. В результаті моделювання визначено раціональний момент, з урахуванням інерційності вимикачів, перемикання конденсаторних установок, що забезпечує найкращі показники параметрів мережі. Цей момент – момент переходу графіка фазного струму через нуль при найменшому можливому навантаженні. При цьому знижується вплив вищих гармонійних на параметри живлячої мережі та збільшується життєвий цикл комутаторів.

Ключові слова: гірничо-збагачувальні комбінати, мережі живлення, якість параметрів електромережі, енергоефективність.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-39-45

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Якість електричної енергії значно впливає на технологічні процеси виробництва [4, 5]. Якість енергії може залежати у свою чергу як від постачальника енергії, так і від характеру навантаження споживача [6, 7] і нормується державним стандартом. Показники якості електроенергії для мереж середньої та високої напруги, методи випробування та інші характеристики якості електроенергії наведені у ДСТУ EN 50160:2014. Наявність у мережі гармонійних складових на об'єкті дослідження зумовлена характером приводної техніки тяглового обладнання електровозів та перетворювачів приводів конвеєрів з асинхронними двигунами 800-1000 кВт. Активна складова потужності корисно використовується, перетворюючись на механічну, світлову та інші види енергії. Навантаження в промислових мережах зазвичай має також індуктивний характер, що викликає споживання крім активної потужності істотної частки реактивної потужності. У зв'язку з цим споживана збільшена повна потужність, яка містить також гармонійні складові, призводить до наступного [2, 10, 11]: збільшення плати постачальнику електроенергії; додаткові втрати у провідниках внаслідок збільшення струму та, отже, зменшення пропускної спроможності мереж; завищення потужності трансформаторів та перетину кабелів, відхилення напруги мережі від номіналу; зниження якості електроенергії.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналізуючи дослідження та публікації з питань, близьких до проблематики підвищення якості напруги живлення підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів, варто відмітити наступні роботи Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии [5] та Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях [6].

Постановка задачі. За даними зарубіжних досліджень, втрати країн Європи від неякісної електричної енергії щорічно досягають десятки млрд. євро. Збитки від неякісної електричної енергії мають тенденцію щорічного зростання (у США, наприклад, останні десять років вони подвоїлися). Аналогічних даних щодо України нині немає.

Одним із простих та дешевих способів усунення недоліків мереж є компенсація реактивної потужності шляхом підключення конденсаторів у різних точках мережі. Найбільш ефективними пристроями компенсації є автоматичні установки компенсації реактивної потужності (АК-РМ), які дозволяють автоматично максимально зрівнювати споживану та реактивну потужність, що виробляється в системі. Крім того, застосування потужних напівпровідникових перетворювачів для регулювання параметрів електродвигунів призводить до появи вищих гармонійних та негармонічних складових напруги та струму мережі. Тому зараз часто застосовуються фільтро-компенсуючі пристрої (ФКУ), що виконують функції компенсації реактивної потужності та фільтрації складових параметрів електромережі. Комутація ФКУ призводить до значних кидків струму, які в свою чергу значно знижують життєвий цикл комутуючої апаратури. Для вирішення питання кидків струму необхідно провести моделювання різних варіантів комутації ФКУ.

Викладення матеріалу та результати. Проведемо моделювання підключення конденсатора в однофазній синусоїдальній системі в різні моменти часу для визначення оптимального моменту комутації. Умовні параметри схеми наступні:

ACVoltageSource: $U = 380\text{В}$, $f = 50\text{Гц}$; SeriesRLCBranch: $R = 0,01\text{Ом}$; $L = 3,18\text{ мГн}$; Load: $R = 1\text{ Ом}$; $L = 10\text{ мГн}$; Series RLC Branch1: $L=25\text{ мГн}$; $C = 1\text{ мФ}$.

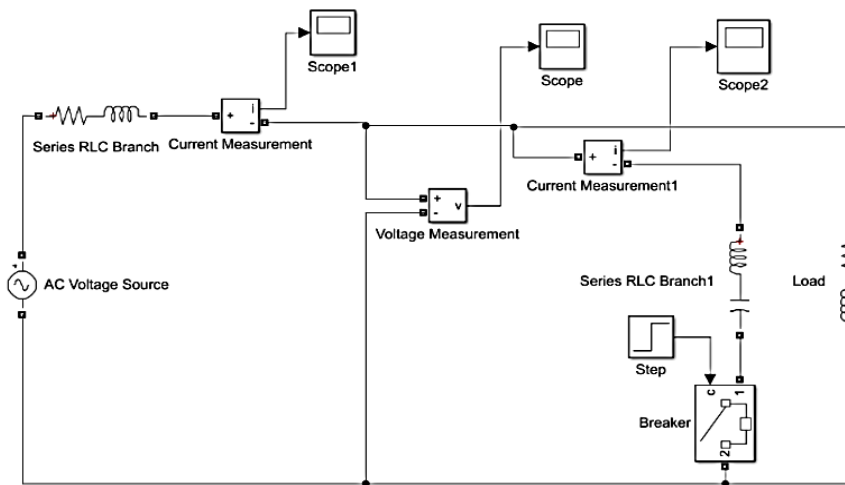


Рис. 1. Модель системи підключення конденсатора в однофазній синусоїдальній мережі в програмному забезпеченні Matlab/Simulink

Дана модель дозволить імітувати комутацію конденсаторної батареї у різні моменти часу, внаслідок чого відбуваються зміни струму на лінії (рис.2а, б, в), струму на конденсаторі (рис.3а, б, в). Проведемо включення конденсатора у такі моменти часу: 30 ел. град (0,005/3 с.); 90 ел. град (0,005 с.); 180 ел. град. (0,01 с.).

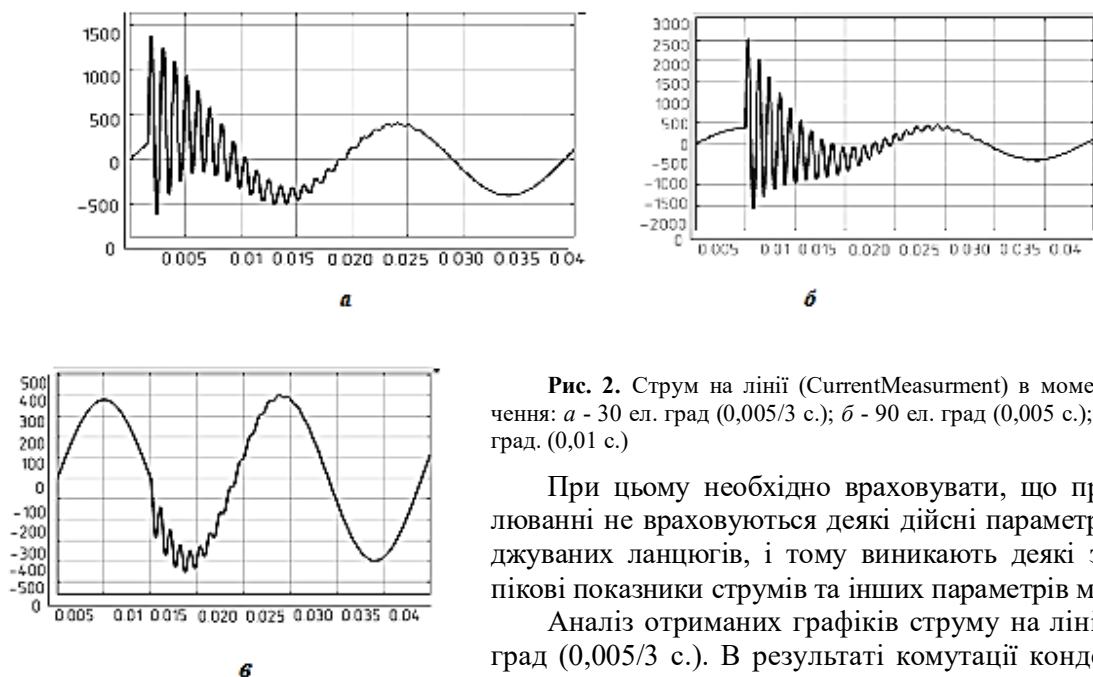


Рис. 2. Струм на лінії (CurrentMeasurement) в моменти включення: а - 30 ел. град (0,005/3 с.); б - 90 ел. град (0,005 с.); в - 180 ел. град. (0,01 с.)

При цьому необхідно враховувати, що при моделюванні не враховуються деякі дійсні параметри досліджуваних ланцюгів, і тому виникають деякі завищені пікові показники струмів та інших параметрів моделі.

Аналіз отриманих графіків струму на лінії: 30 ел. град (0,005/3 с.). В результаті комутації конденсатора на лінії виник значний кидок струму (рис. 2а), після чого почався коливальний загасаючий процес. Кидок струму становить близько 300% від номінального значення, час загасання процесу – 0,025 с; 90 ел. град (0,005 с.). В результаті комутації конденсатора на лінії виник значний кидок струму (рис. 2б), який порівняно з попереднім випадком (рис. 2а) значно більший. Після кидка почався загасаючий коливальний процес. Кидок струму становить 500% від номінального значення, час згасання процесу – 0,03с; 180 ел. град. (0,01 с.). В результаті комутації конденсатора на лінії не виникло значних кидків струму (рис. 2в).

Аналіз отриманих графіків струму на конденсаторі: кидок струму становить близько 1000% від номінального значення, час згасання процесу – 0,03 с. 30 ел. град (0,005/3 з.) (див. рис.3а); 90 ел. град (0,005 с.). В результаті комутації конденсатора на конденсаторі виник значний кидок струму (1750% від номінального значення), який, порівняно з попереднім випадком (включення конденсатора в момент 0,005/3 с.), значно більше (див. рис.3б). Після кидка почався загасаючий коливальний процес. Час згасання процесу – 0,03 с; 180 ел. град. (0,01 с.). Внаслідок комутації конденсатора на останньому виник незначний кидок струму (амплітудою до 150%) у порівнянні з попередніми випадками (див. рис.3а, б). Після кидка почався загасаючий коливальний процес. Час згасання процесу – 0,03 с.

Проаналізувавши графіки перехідних процесів, можна зробити висновок, що оптимальним часом вмикання конденсаторів є час, коли синусоїда проходить через 0.

Для мережі з частотою 50 Гц даний час становить близько 0,01с. Взявши до уваги отримані результати, змодельюємо включення конденсаторів у трифазній системі. Для розрахунку та задання параметрів моделі використовуємо дані, надані підприємством ПрАТ «ПівніГЗК».

Згідно з наданими даними, було встановлено параметри схеми:

Навантаження Three-PhaseSeriesRLCLoad P=8,50МВт; Q=2,87МВАр; Three-PhaseSource: U=6кВ; f=50 Гц; Three-PhaseSeries RLC Branch: R=1мкОм; L=1мкГн.

На підставі добових графіків споживання реактивної потужності з урахуванням оптимальної плати було визначено параметри установок компенсації.

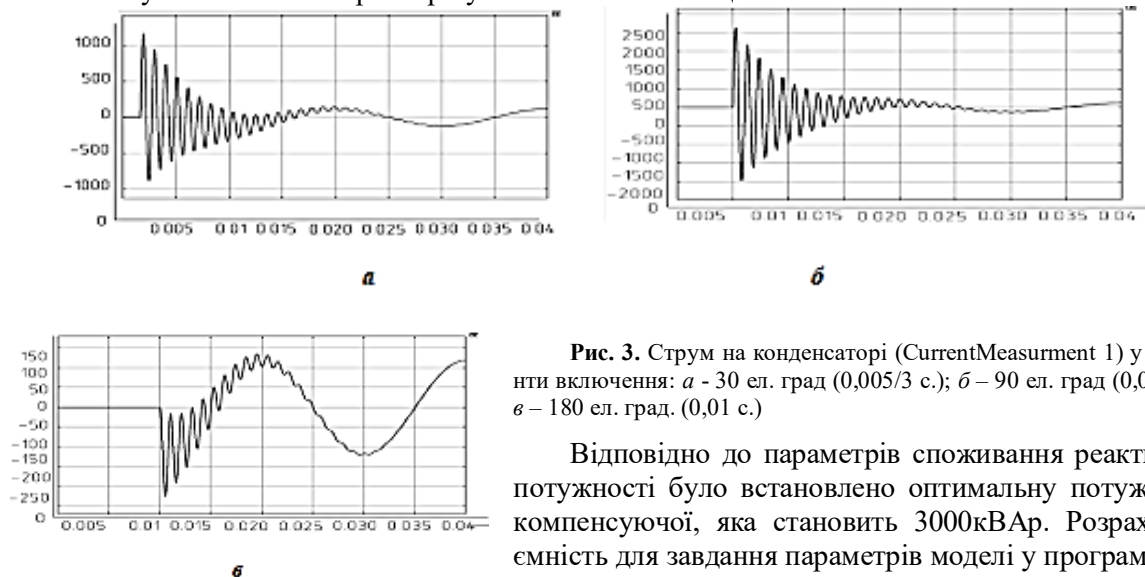


Рис. 3. Струм на конденсаторі (CurrentMeasurement 1) у моменті включення: а - 30 ел. град (0,005/3 с.); б - 90 ел. град (0,005 с.); в - 180 ел. град. (0,01 с.)

Відповідно до параметрів споживання реактивної потужності було встановлено оптимальну потужність компенсуючої, яка становить 3000кВАр. Розрахуємо ємність для задання параметрів моделі у програмному забезпеченні MatlabSimulink (рис.4)

$$Q_c = \frac{U_c^2}{X_c}. \quad (1)$$

Підставимо у формулу (1) значення реактивного опору конденсатора

$$X_c = \frac{1}{\omega C}.$$

Отримуємо

$$Q_c = U_c^2 \cdot \omega C.$$

Звідки визначимо розрахункову формулу ємності конденсатора

$$C = \frac{Q_c}{U_c^2 \cdot \omega} = \frac{Q_c}{U_c^2 \cdot 2\pi f}.$$

Отже, ємність конденсатора в даному випадку дорівнюватиме, мкФ

$$C = \frac{Q_c}{U_c^2 \cdot 2\pi f} = \frac{3000 \cdot 10^3}{6000^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} = 265.$$

Параметри блоків C_a , C_b , C_c : $C=265$ мкФ. Параметри реактора обмежуючого струм L_a , L_b , L_c : $L=1$ мГн.

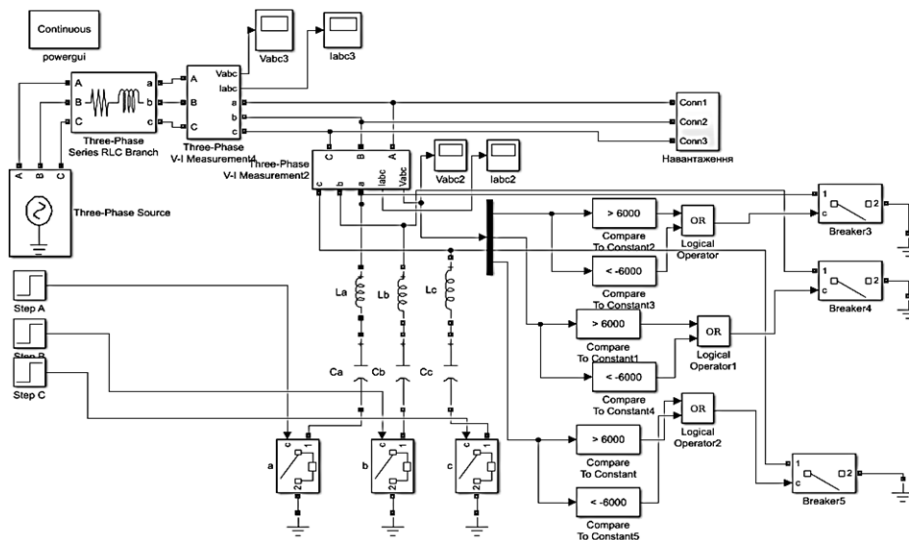


Рис.4. Модель для дослідження варіантів комутації конденсаторних батарей

Одночасне вмикання конденсаторів (0,01с): Внаслідок комутації конденсатора на конденсаторі (рис.5а) виник значний кидок струму (580% від номінального значення).

Також можна побачити чітко виражену несинусоїдність струму, що свідчить про наявність гармонік (рис.5б). Наявність останніх є вкрай небажаним [12]. Аналізуючи гармонійний ряд для фази А (Ia3) (див. рис.5б), можна зробити висновок, що найбільш значущими по амплітуді є гармоніки під номерами 5, 7 та 11. Коефіцієнт несинусоїдності під кінець перехідного процесу знаходиться не в межах норми та складає 17,63%.

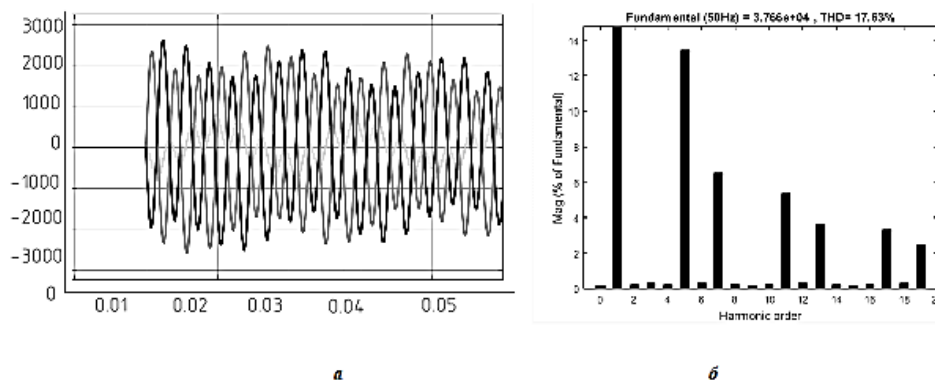


Рис.5. Струм на конденсаторі (а) і гармонічні складові струму на лінії (б) при одночасному включенні конденсаторних батарей (фаза А-жовтий колір, В – зелений, С – червоний)

Внаслідок послідовної комутації конденсатора на конденсаторі (рис.6 а) виник значний кидок струму (від номінального значення 180%).

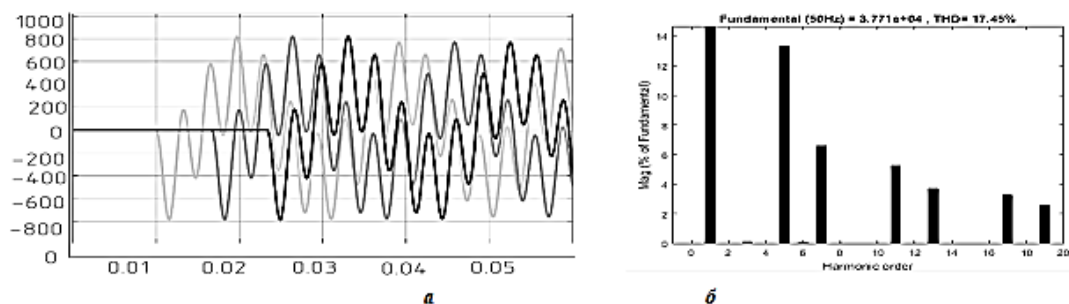


Рис. 6. Струм на конденсаторі (а) і гармонічні складові струму на лінії (б) при послідовному включенні конденсаторних батарей (фаза А-жовтий колір, В – зелений, С – червоний)

Також можна побачити чітко виражену несинусоїдність струму, що свідчить про наявність гармонік (рис.6 б). Наявність останніх є вкрай небажаним [12]. Аналізуючи гармонійний ряд

для фази А (Ia3) (див. рис.6 б), можна зробити висновок, що найбільш значущими по амплітуді є гармоніки під номером 5, 7 та 11. Також, у порівнянні з одночасним включенням батарей, відсутні парні гармоніки, кожна з яких досягала значення до 0,5%. Коефіцієнт несинусоїдності під кінець перехідного процесу трохи зменшився і становить 17,45%.

В результаті моделювання можна зробити висновки, що почергове включення фаз трифазної мережі дозволить майже в 2 рази зменшити початковий кидок струму на лінії і майже в 3 рази в конденсаторі. Ще однією перевагою почергової комутації є те, що такий спосіб дозволяє трохи зменшити спотворення синусоїди. Комутація конденсаторних установок призводить до наявності гармонік струму, і напруги, причому як показують результати досліджень, можуть робити значний вплив на інші параметри мережі.

Висновки і напрямок подальших досліджень. Для подальших досліджень у цій темі можливо, наприклад, розробка алгоритмів варіантів зменшення перенапруг при комутації енергоємних споживачів. Дотримання усіх вимог цих алгоритмів дає можливість зменшення часу розвантаження підстанції для комутації ФКУ і відповідно збільшити час продуктивної роботи фабрики. Виконано моделювання та розглянуто різні варіанти комутації конденсаторних установок з метою оцінки їх негативного впливу на мережу живлення. Почергове включення фаз у трифазній мережі дозволить майже вдвічі зменшити початковий кидок струму на лінії та майже втричі в конденсаторі. Ще однією перевагою почергової комутації є те, що такий спосіб дозволяє зменшити спотворення синусоїди. Досліджено електро механічні параметри вимикачів ФКУ та знайдено затримки часу для вибору раціонального моменту включення (перемикання) конденсаторних установок, що забезпечує найкращі показники параметрів мережі. Цей момент, як відомо, відповідає моменту переходу графіка струму через нуль. При цьому знижується вплив вищих гармонічних на параметри мережі живлення. Це підтверджено дослідженнями моделі. Визначено оптимальні параметри таймерів включення та відключення (зону нечутливості) ФКУ в момент скидання навантаження. Це дозволило збільшити життєвий цикл роботи вимикачів та конденсаторів.

Список літератури

1. Kupin, A., Senko, A. (2015). Principles of intellectual control and classification optimization in conditions of technological processes of beneficiation complexes. *CEUR Workshop Proceedings*, (1356), 153-160.
2. Kupin, A., Vdovichenko, I., Muzyka, I., & Kuznetsov, D. (2017). Development of an intelligent system for the prognostication of energy produced by photo volt aiccells in smart grid systems. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 5(8(89)), 4-9
3. Sinchuk, O., Kupin, A., Sinchuk, I., Rohoza, M., & Plieshkov, P. (2020). Certain aspects concerning the development of a functioning scheme of the automated system to control energy flows of underground iron-ore enterprises. *Mining of Mineral Deposits*, 14(3), 101-111. <https://doi.org/10.33271/mining14.03.101>
4. Sinchuk, I. (2018). Harmonization of modeling systems for assessing the electric-power consumption levels at mining enterprises. *Mining of Mineral Deposits*, 12(4), 100-107. <https://doi.org/10.15407/mining12.04.100>
5. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии - М.: Энергоатомиздат, 1985. -224с.
6. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. - М.: Энергоатомиздат, 1986. -168с.
7. Пучков Л. А., Пивняк Г. Г. (ред.) Электрификация горного производства. В 2-х томах. М: Изд-во Московского государственного горного университета; 2007.
8. Абрамович Б.Н. Система бесперебойного электроснабжения предприятий горной промышленности // Записки Горного института. 2018. Т.229.С.31-40. DOI:10.25515/PMI.2018.1.31
9. Bornschlegl M., Bregulla M., Franke J. Methods-energy measurement – an approach for sustainable energy planning of manufacturing technologies. *Journal of Cleaner Production*. 2016;135(1):644–656. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.059>
10. Biel K., Glock C. Systematic literature review of decision support models for energy-efficient production planning. *Computers & Industrial Engineering*. 2016;101:243–259. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.08.021>.
11. Biel K., Glock C. Systematic literature review of decision support models for energy-efficient production planning // *Computers & Industrial Engineering*, 2016, Vol. 101, pp. 243–259.
12. Zhukovskiy Y., Batueva D., Buldysko A., Shabalov M. Motivation towards energy saving by means of IoT personal energy manager platform // *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, 1333 (6). DOI: 10.1088/1742-6596/1333/6/062033.
13. Spiliotis E., Petropoulos F., Kourentzes N., Assimakopoulos V. Cross-temporal aggregation: Improving the forecast accuracy of hierarchical electricity consumption // *Applied Energy*, 2020, Vol. 2611, № 114339.
14. Jacques Delaballe Электромагнитная совместимость. Библиотека электрика (Публикации компании "Шнейдер Электрик"), вып.11.-К.: ДИА, 2010. -48с

ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВА В АСПЕКТІ МЕНЕДЖМЕНТУ, ОЦІНКИ І ТЕРМІНІВ

Мета. Обґрунтування сутності та надання термінологічного обґрунтування таким видам діяльності і управління підприємством як «фінансово-економічна діяльність підприємства» і «фінансово-економічний менеджмент підприємства».

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного і логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. У даній роботі представлено авторський підхід на певні важливі аспекти фінансово-економічної діяльності підприємства а саме: на обґрунтування термінів і сутності різних видів менеджменту на підприємстві (фінансового, економічного, фінансово-економічного); на обґрунтування термінів і сутності різних видів стану підприємства в процесі його розвитку (фінансовий стан, економічний стан, фінансово-економічний стан); на обґрунтування терміну та сутності фінансово-економічної діяльності підприємства; на обґрунтування підходів щодо розкриття сутності та термінологічного визначення таких процесів на підприємстві, як фінансова безпека, економічна безпека, фінансово-економічна безпека.

Практична значимість. Надано загальне тлумачення термінів «фінансова діяльність підприємства», «економічна діяльність підприємства», «фінансово-економічна діяльність підприємства» і визначено критерії відмінності між ними за сумісними ознаками.

Результати. У статті відзначається, що існують у науковій і навчальній літературі праці різних авторів, які присвячені окремим видам (напрямам) діяльності підприємства в ринковій економіці. Наприклад, у навчальній та науковій літературі виділяємо такі навчальні підручники (або навчальні посібники) і наукові праці як економіка підприємства і фінанси підприємств, економічний аналіз і фінансовий аналіз, фінансова безпека і економічна безпека тощо.

Звідсіля авторський висновок про аналогічний підхід і для таких аспектів управління діяльністю підприємства, як фінансовий і економічний менеджмент.

У роботі представлено методологію визначення базових видів діяльності підприємства (економічної, фінансової, фінансово-економічної діяльності підприємства).

Ключові слова: фінансова діяльність, менеджмент, оцінка, категорія, фінансово-економічний менеджмент, обґрунтування.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-45-49

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Фінансово-економічна діяльність підприємства дуже складна за своїм змістом, процесом управління, системою аналізу і планування, термінологічним наповненням.

Актуальність, складність і значимість ефективності фінансової й економічної діяльності підприємства у їх єдності і визначають потребу у їх комплексному та всебічному дослідженні.

Термінологічний апарат в сфері фінансово-економічної діяльності підприємства потребує удосконалення (відносно системності та класифікації).

Аналіз досліджень і публікацій. В економічній і навчальній літературі питання сутності й термінологічного обґрунтування категорій «фінансово-економічна діяльність підприємства», «фінансово-економічний менеджмент підприємства» не розглядається [1–5, 10 та ін.].

Постановка задачі. Обґрунтування сутності та надання термінологічного обґрунтування таким видам діяльності і управління підприємством як «фінансово-економічна діяльність підприємства» і «фінансово-економічний менеджмент підприємства».

Викладення матеріалу та результати. У цій роботі ми хочемо представити нашу принципову позицію стосовно дуже важливих для науки і практики питань, таких як «фінансовий менеджмент», «економічний менеджмент», «фінансово-економічний менеджмент», «фінансовий стан підприємства», «економічний стан підприємства», «фінансова безпека підприємства» і «економічна безпека підприємства».

Почнемо з того, що в провідних закордонних і вітчизняних літературних джерелах за авторством, наприклад, Ю. Бріггема, М. Ерхарда, Д. Ван Хорна, Д. Ваховича, І. Бланка, О.Сича [6–9] та інших дослідників, фінансовий менеджмент за змістом викладеного матеріалу охоплює не

тільки фінансові аспекти діяльності підприємства, а в значній мірі й економічні, тобто в їх працях з фінансового менеджменту (ФМ) відображається і фінансова, і економічна складові діяльності підприємства, і саме це викликає, на наш погляд, необхідність впровадження в науковий, навчальний і практичний оборот уточнених і удосконалених за змістом таких вельми важливих понять і напрямів науки та практики, як економічний (ЕМ) і фінансово-економічний (ФЕМ) менеджмент, які б змістовно, гармонійно й логічно висвітлювали економічну (операційну) та фінансово-економічну діяльність підприємства. При цьому є абсолютна потреба в чіткому розмежуванні категорій, термінів, показників, критеріїв, визначень і трактувань тощо для різних видів менеджменту підприємства: ФМ, ЕМ, ФЕМ.

Це ж стосується і таких навчально-наукових праць, як «економіка підприємства» і «фінанси підприємства», «економічний аналіз» і «фінансовий аналіз», «фінансова безпека» і «економічна безпека» тощо.

Наприклад, у підручниках (навчальних посібниках) з економіки підприємства використовуються такі категорії і поняття, як фінансова діяльність, фінансові результати, фінансово-економічні результати, фінансові інвестиції, фінансово-економічний стан підприємства, фінансова ефективність роботи підприємства.

Але необхідного їх тлумачення та розгляду не надається.

До того ж важливо констатувати той факт, що існують такі підручники і навчальні посібники (та викладаються на їх основі навчальні дисципліни) як «фінансовий аналіз», «економічний аналіз», «фінанси підприємства», «фінансова стратегія підприємства», «стратегія підприємства» тощо, які мають ті ж самі термінологічні недоліки.

Тому абсолютно очевидно можна стверджувати, що поряд з фінансовим менеджментом повинні існувати й економічний та фінансово-економічний менеджмент.

Їх призначення – відображати за змістом, термінами, категоріями та показниками специфіку свого предмету.

Далі, від локального перейдемо до загального, тобто розглянемо визначену в цій роботі проблему на системно-змістовних засадах.

Принциповий підхід щодо системного розкриття змісту, визначення і логіки взаємозв'язку базових фінансових, економічних й фінансово-економічних понять і термінів представлено на рис. 1.

Кожен елемент рисунку потребує свого дослідження і обґрунтування.

При створенні підприємства і в процесі його поточного функціонування потрібний відповідний авансований капітал. Авансований капітал перетворюється на підприємстві в конкретний розмір фінансових ресурсів (за структурою і якістю). Фінансові ресурси підприємства у відповідності до положень (стандартів) бухгалтерського обліку (П(С)БО) представляють собою пасив в балансі підприємства.

І це є сфера і зміст фінансової діяльності підприємства.

Фінансові ресурси підприємства є джерелом і основою формування економічних ресурсів підприємства. Економічні ресурси характеризуються в П(С)БО терміном актив (баланс підприємства).

Предметне формування і всебічний процес використання економічних ресурсів характеризує економічну (операційну) діяльність підприємства.

А поєднання фінансових ресурсів і економічних ресурсів підприємства (пасиву і активу підприємства) в єдиний закономірний процес представляє собою фінансово-економічну діяльність підприємства (рис. 2).

Якщо в П(С)БО на нормативно-правовому рівні закладено основи до розмежування, визначення і змістовного розкриття термінів фінансова і економічна (операційна) діяльність підприємства, то це зобов'язує адекватно робити і відносно інших важливих термінів, які пов'язані з фінансовою та економічною діяльністю підприємства, таких, наприклад, як ФМ і ЕМ, ФСП і ЕСП, ФБП і ЕБП. Наведемо авторське бачення сутності цих термінів.

Фінансово-економічна діяльність підприємства – це така діяльність, яка має специфічний зміст і сферу реалізації, включає в себе два види діяльності: фінансову й економічну, розглядається та оцінюється як єдиний симбіозний процес, здійснюється і є визначальним в межах загального розвитку підприємства.

Фінансово-економічна діяльність відображає в своїй єдності весь спектр фінансових і економічних операцій, об'єднує в собі всі процеси з формування і використання фінансових і економічних ресурсів підприємства під загальну стратегію його розвитку.

Зміст фінансово-економічної діяльності є важливою умовою до правильного трактування, розмежування і розуміння інших понять і термінів, що характеризують саме такий вид діяльності підприємства.

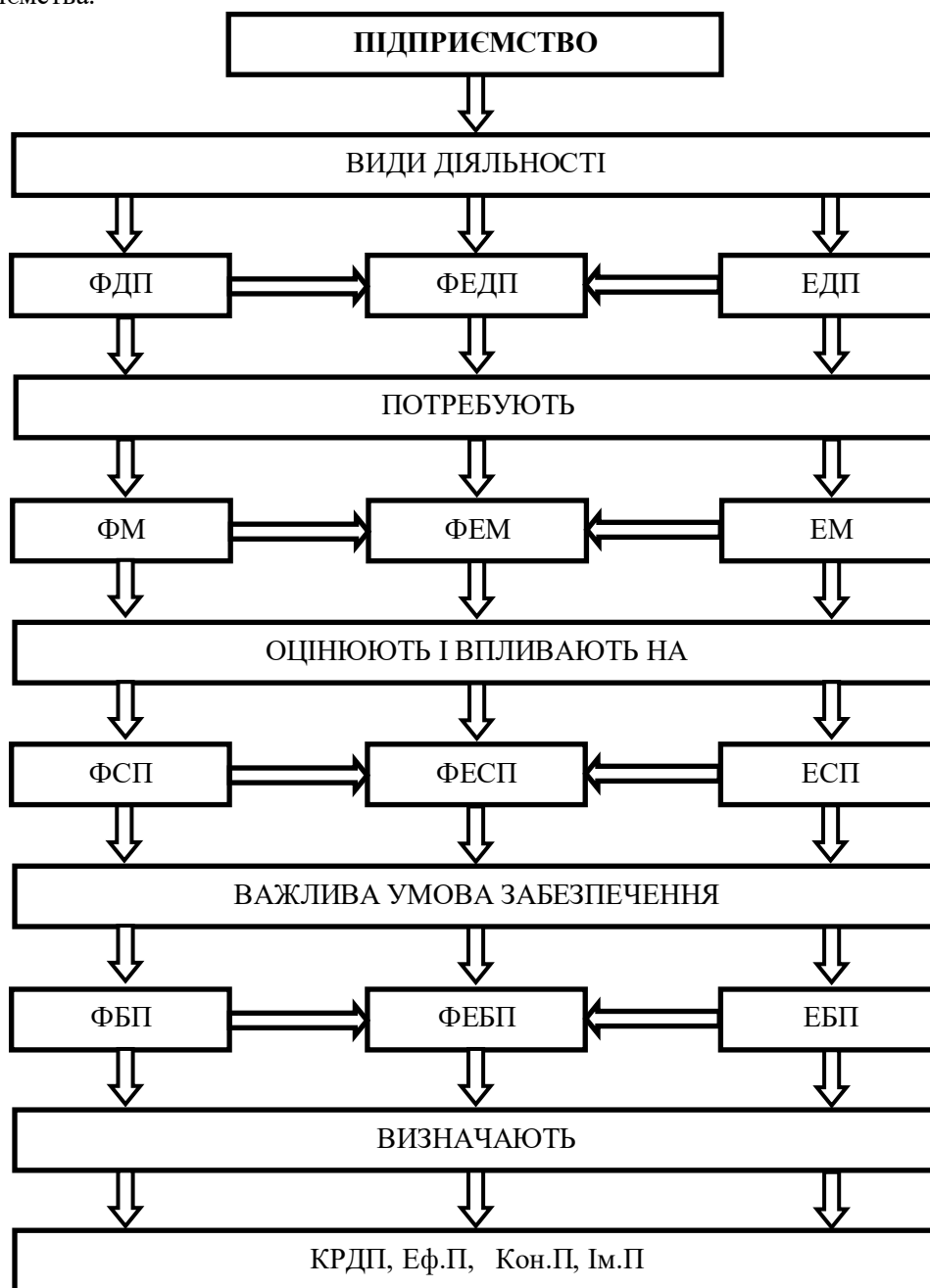


Рис. 1. Система базових термінів і понять відносно фінансової, економічної і фінансово-економічної діяльності підприємства: ФДП, ЕДП, ФЕДП – відповідно фінансова, економічна (операційна) і фінансово-економічна діяльність підприємства; ФМ, ЕМ, ФЕМ – відповідно фінансовий, економічний і фінансово-економічний менеджмент; ФСП, ЕСП, ФЕСП – відповідно фінансовий, економічний і фінансово-економічний стан підприємства; ФБП, ЕБП, ФЕБП – відповідно фінансова, економічна і фінансово-економічна безпека підприємства; КРДП – кінцеві результати діяльності підприємства; Еф.П – ефективність підприємства; Кон.П – конкурентність підприємства; Им.П – імідж підприємства

Фінансовий менеджмент – це специфічний процес, що характеризує суто фінансову діяльність підприємства і пов'язаний з пошуком і визначенням джерел фінансування, формуванням величини, структури і вартості фінансових ресурсів, комплексною оцінкою такої діяльності і який відбувається на оптимізаційній основі у відповідності до загальної стратегії його розвитку.

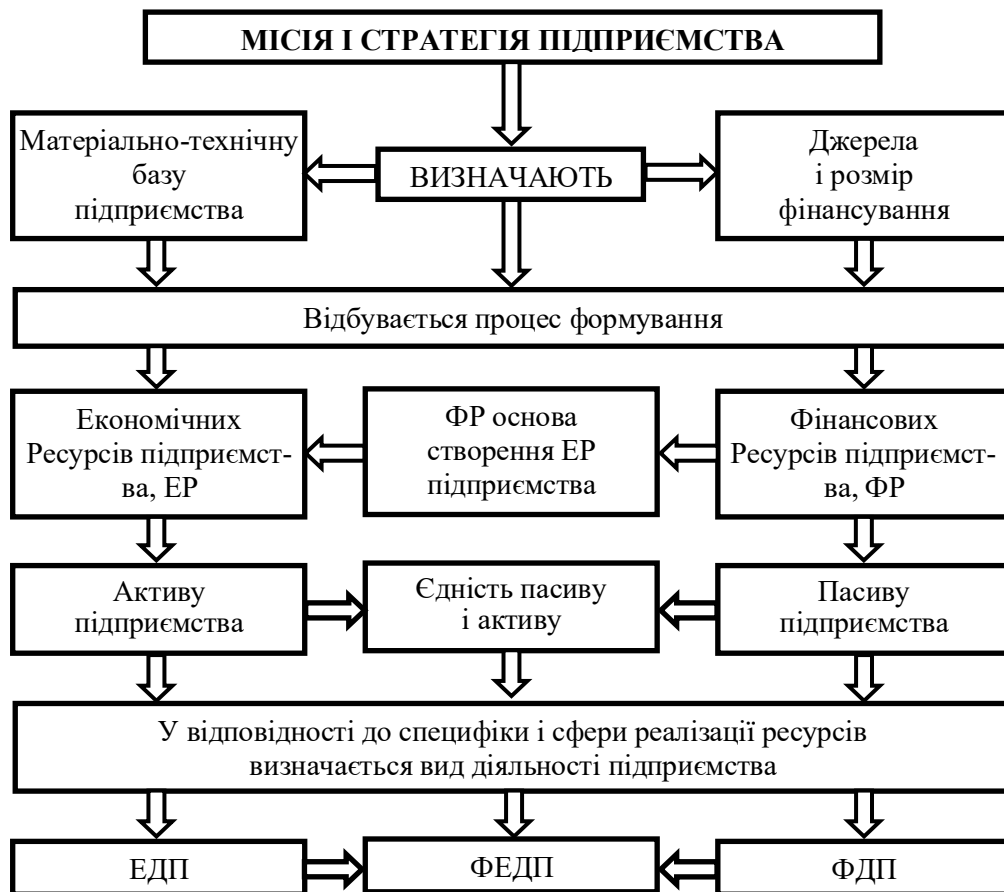


Рис. 2. Методологія визначення виду діяльності підприємства

Мета фінансового менеджменту:

пряма – максимальна ефективність фінансової діяльності підприємства;

опосередкована – максимізація ринкової вартості підприємства і доходів його власників.

Економічний менеджмент – це процес, що характеризує економічну діяльність підприємства і пов'язаний з формуванням, відтворенням і максимально ефективним використанням системних якісно-інноваційних економічних ресурсів і який відбувається у повній гармонії та відповідності до загальної стратегії підприємства.

Мета економічного менеджменту:

пряма – максимальна ефективність економічної діяльності підприємства;

опосередкована – максимізація ринкової вартості підприємства і доходів його власників.

Фінансово-економічний менеджмент – це узагальнений специфічний процес, що системно і змістовно характеризує фінансово-економічну діяльність підприємства і пов'язаний з об'єднаним оптимальним використанням фінансових й економічних ресурсів підприємства у повній відповідності до визначеної стратегії розвитку підприємства.

Мета фінансово-економічного менеджменту:

пряма – максимальна ефективність фінансово-економічної діяльності підприємства;

опосередкована – максимізація ринкової вартості підприємства і доходів його власників.

Фінансовий стан підприємства – це такий стан, що комплексно характеризує суто фінансовий розвиток підприємства на певний момент часу (або на певний короткий період).

Оцінка фінансового стану підприємства – це обґрунтовано визначений і науково структурований комплекс показників і критеріїв, що, з одного боку, визначають у своїй єдності загальний, локальний та частковий рівні фінансового розвитку підприємства на певний момент часу (або на певний короткий період), а з іншого боку, надають можливість порівняльної характеристики ФСП.

Фінансово-економічний стан підприємства – це такий стан, що комплексно характеризує фінансово-економічний розвиток підприємства на певний момент часу (або на певний короткий період).

Оцінка фінансово-економічного стану підприємства – це обґрунтовано визначений і науко-

во структурований комплекс показників і критеріїв, що, з одного боку, визначають у своїй єдності загальний, локальний та частковий рівні фінансово-економічного розвитку підприємства на певний момент часу (або на певний короткий період), а з іншого боку надають можливість порівняльної характеристики фінансово-економічного стану підприємства.

Аналогічним чином визначаються і такі поняття як «економічний стан підприємства», «оцінка економічного стану підприємства», «фінансово-економічний стан підприємства», «оцінка фінансово-економічного стану підприємства», «фінансова безпека підприємства», «економічна безпека підприємства», «фінансово-економічна безпека підприємства» тощо (у них використовуються відповідно терміни «економічний» і «фінансово-економічний» розвиток підприємства).

Висновок та напрямок подальших досліджень. Таким чином, представлений вище матеріал дозволяє більш глибоко й системно підійти до дослідження та оцінки таких важливих видів діяльності підприємства, як фінансова, економічна і фінансово-економічна.

Список літератури

1. Турило А.М., Корнух О.В., Турило А.А. Трансформація : характерні риси, вимоги до менеджменту корпорації та методологія оцінки. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* 2018. Вип.46. С.191-195.
2. Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В. Удосконалення системи і класифікації фінансово-економічних показників, як чинник забезпечення ефективного менеджменту, обґрунтованої оцінки потенціалу та якісного розвитку підприємства. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* 2022. № 54. С. 16-22.
3. Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В. Короленко С.М. Стратегія розвитку, корпоративне управління і людський капітал відносно економічної стратегії, економічної девіації і фінансово-економічної безпеки в діяльності підприємства. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* 2022. № 54. С. 109-114.
4. Турило А.А. Основи управління інноваційним розвитком підприємства : монографія. Кривий Ріг, 2017. 307 с.
5. Турило А.М., Турило А.А. Нова концепція ефективності : навч. посіб. Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2021. 132 с.
6. Бланк І.О. Фінансовий менеджмент : навч. курс. К.: Ніка-центр. 2004. 656 с.
7. Брігхем Ю., Ерхард М. Фінансовий менеджмент: підруч. пер. з англ. вид-во: Пітер, 2009. 960 с.
8. Васьківська К.В., Сич О.А. Фінансовий менеджмент : навч. посіб. Львів : Галич-Прес, 2017. 236 с.
9. Джеймс Ван Хорн, Джон Вахович. Основи фінансового менеджменту: підруч. пер. з англ. вид-во: І.Д. Вільямс, 2010. 1232 с.
10. Ситник Н.С., Смолінська С.Д., Ясіновська І.Ф. Фінанси підприємств: навч. посіб. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 402 с.

УДК 669.162:669.013

О.С. ВОДЕННИКОВА, канд. техн. наук, доц., Запорізький національний університет
С.А. ВОДЕННИКОВ, д-р техн. наук, проф., Національний університет «Запорізька політехніка»
Я.В. БОНДАРЕНКО, здобувач, Запорізький національний університет

АНАЛІЗ ЗАХОДІВ З МОДЕРНІЗАЦІЇ СПІКАЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ФАБРИКИ ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Мета. Метою роботи є оцінка впливу вдосконалення технології спікання агломерату в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» на підвищення якості агломерату для подальшого використання у доменному виробництві.

Методи досліджень. Дослідження хімічного складу компонентів агломераційної шихти та готового агломерату проводили за допомогою хімічного аналізу. Визначення гранулометричного складу компонентів шихти проводили методом розсіювання згідно з ДСТУ ISO 4701:2019. Визначення вмісту загального заліза проводили згідно з ДСТУ 8811.1:2018. Вологість компонентів агломераційної шихти визначали згідно з ДСТУ Б В.2.7-250:2011. Міцність агломерату визначали механічним методом згідно з ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Температуру агломерату, що спікається, визначали за допомогою вольфрам-молибденової термопари. Обробку експериментальних даних співвідношення температури повітря в зоні спікання від температури агломерату, що спікається, проводили в програмі Excel.

Наукова новизна. Показані можливості збільшення продуктивності агломераційного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» з 3,95 до 5,6 млн.т/рік агломерату за рахунок модернізації спікального відділення, зокрема капітального ремонту агломераційної машини №7, використання резервів існуючої технології спікання агломерату та обладнання: встановлення нового інтенсивного змішувача, піддозування твердого палива, застосування двостадійного грохочення, вдосконалення зони охолодження, вдосконалення процесу газоочищення технологічних газів та аспірації основних вузлів пиловидалення.

Практичне значення. Результати пошуку заходів з модернізації спікального відділення агломераційної фабрики

ки ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» можуть бути корисними при плануванні модернізації агломераційних фабрик провідних металургійних підприємств України (наприклад, при капітальному ремонті агломераційних машин ПАТ «Запоріжсталь»).

Результати. Запропоновано заходи з модернізації спікального відділення агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», які дозволяють підвищити продуктивність агломераційної машини №7 до 933,372 тис.т/рік агломерату, знизити вміст дрібниці в агломераті до 8 %, знизити витрату твердого палива до 20 % та збільшити термін експлуатації устаткування – роторів ексгаустера та спікальних візків з колосниками.

Ключові слова: агломерат, агломераційна машина, агломераційна фабрика, екологічна модернізація, спікальне відділення, технологія спікання агломерату.

doi: :10.31721/2306-5451-2022-1-55-49-58

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На сьогодні в м. Кам'янське назріває необхідність відновлення комплексу з виробництва агломерату шляхом модернізації агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» (раніше ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат»), який входить до Групи Метінвест. Зокрема постає питання збільшення продуктивності агломераційних машин (а саме машин №7-12), підвищення якості агломерату, модернізації системи газоочищення, що в свою чергу вплине на підвищення екологічних показників роботи агломераційного цеху.

Слід зазначити, що існуюча на сьогодні технологія виробництва офлюсованого агломерату на ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» та технологічне обладнання не забезпечують вимоги виробництва за обсягом і якістю агломерату, що в свою чергу призводить до перевитрат коксу та зниження продуктивності виробництва чавуна. Безпосередньо треба виділити наступні технічні та технологічні недоліки при застосуванні поточної технології спікання агломерату в умовах агломераційного цеху №2:

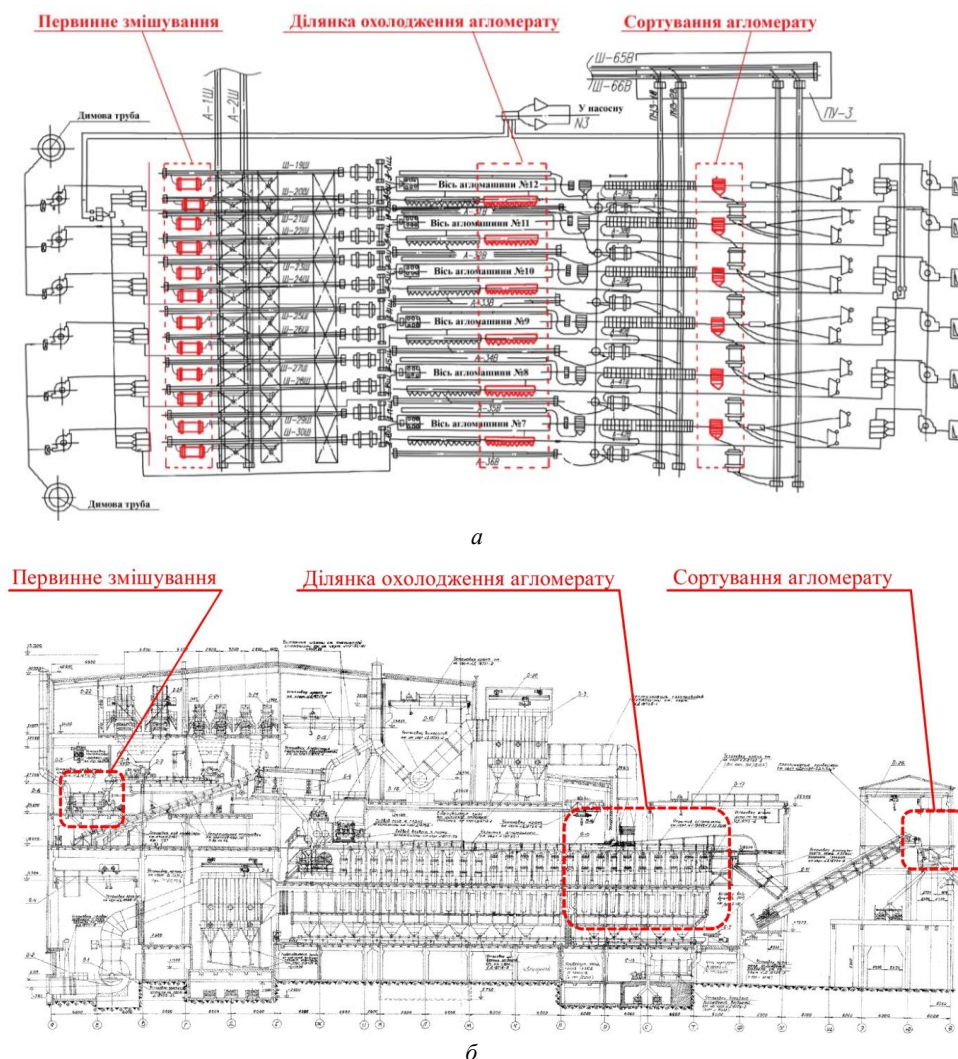


Рис. 1. Поточний стан обладнання агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»: а – первинна схема ланцюга апаратів; б – виробничі ділянки агломераційного цеху, які частково або повністю виведені з експлуатації

відсутність обладнання з первинного змішування (рис. 1) і гранулювання шихти, що призводить до зниження ступеня змішування і огрудкування, та, як наслідок, до погіршення якості шихти і втрати продуктивності агломераційних машин;

вимушене використання частини площі охолодження на спікання, що призвело до незадовільної роботи зони охолодження і підвищення температури спека перед сортуванням до 700 °С; це обумовило заміну віброгрохоту на стаціонарні ґратки. Сортування агломерату на стаціонарних ґратках, розмір щілин в яких перевищує 5 мм, призводить до потрапляння у повернення придатного агломерату, знижуючи тим самим його вихід, і вимагає додаткової витрати палива на його повторне спікання. Застосування даного обладнання також не забезпечує ефективне видалення дрібниці, фракція < 5 мм в готовому агломераті перевищує 14 %;

збільшення кількості повернення в шихті більше 30 % не дає приросту виробництва, у зв'язку з чим загальні втрати не будуть компенсовані;

існуюче обладнання газоочищення агломераційних машин не забезпечує виконання діючих норм щодо викидів і призводить до забруднення навколишнього середовища.

Саме тому на агломераційній фабриці ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» стає актуальною та своєчасною модернізація спікального відділення, зокрема капітального ремонту агломераційної машини №7, використання резервів існуючої технології спікання агломерату та обладнання (рис. 2): встановлення нового інтенсивного змішувача, піддозування твердого палива, застосування двостадійного грохочення, вдосконалення зони охолодження, вдосконалення процесу газоочищення технологічних газів та аспірації основних вузлів пиловидалення.

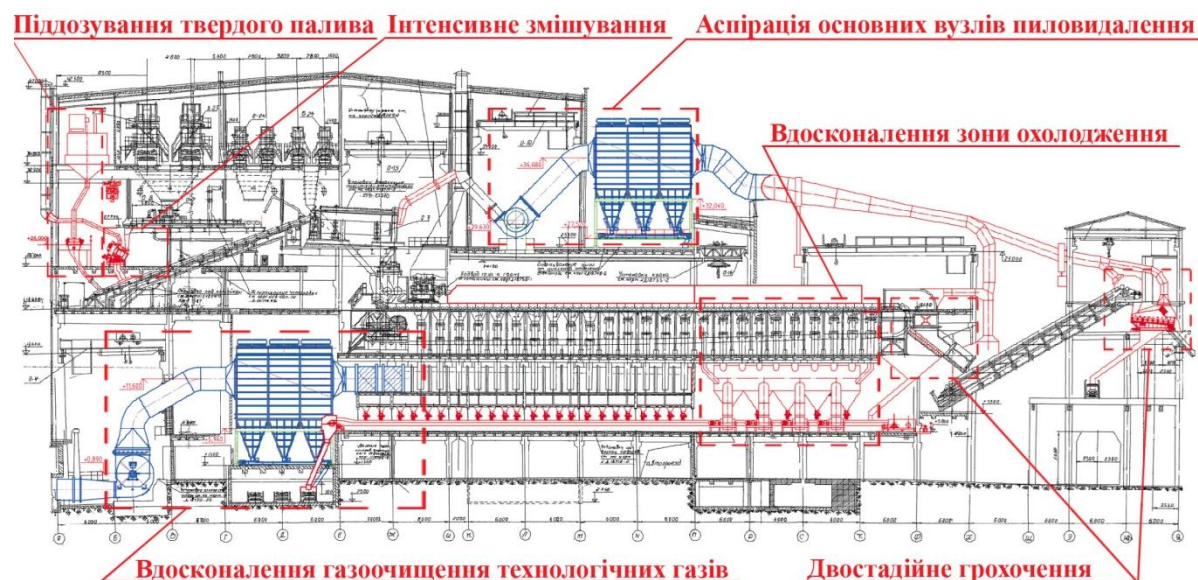


Рис. 2. Резерви модернізації агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Аналіз досліджень і публікацій. Відомо, що умовою високої продуктивності доменного процесу служить використання окускованої сировини, найбільш поширеним різновидом якої є залізорудний агломерат [1]. На формування фізичних та фізико-хімічних характеристик готового агломерату впливають хімічний та гранулометричний склад компонентів агломераційної шихти, процес підготовки шихти, процес протікання окислювально-відновлювальних реакцій під час спікання агломерату, контактні взаємодії на межі розділу «тверде-рідке» та хімічно-мінералогічні перетворення у твердій та рідкій фазах [2].

На сьогодні відомі різні технічні рішення, що забезпечують підвищення продуктивності та якості агломерату: комбінований нагрів спека, термічна обробка агломерату, виробництво агломерату різної основності, добавка у шихту різних матеріалів, що в'яжуть, раціональний розподіл за висотою шару, попереднє стабілізуюче руйнування та інші. При цьому найбільш ефективним способом підвищення продуктивності агрегату вважається збільшення висоти шару, що спікається [3]. Зокрема збільшення шару дозволяє підвищити міцність спека та домогтися зниження витрати твердого палива. Наприклад зміною висоти шару з 240 до 310 мм та зменшенням витрати твердого палива в шихту на 8 % отримують у нижніх горизонтах шару надли-

шок тепла, який сприяє збільшенню вмісту закису заліза [4]. Безпосередньо на українських металургійних підприємствах використовується технологія спікання агломерату основністю 1,6 з застосуванням у якості шихтових матеріалів замість залізрудного концентрату залізної руди родовища ПрАТ «Суша Балка», яка містить оксид алюмінію та оксид магнію [5].

Розглядаючи сучасні аспекти підвищення конкурентоспроможності агломераційного виробництва слід виділити: будівництво агломераційних фабрик нового покоління з сучасними агломераційними машинами; проведення капітального ремонту та модернізації основних фондів агломераційного виробництва; використання автоматизованих системи управління технологічним процесом та станом основних фондів; застосування енергозберігаючих технологій спікання агломерату та інші [6].

Так на металургійних підприємствах України відбувається екологічна модернізація, яка охоплює і агломераційне виробництво. Екологічна модернізація направлена на модернізацію виробництва для зменшення викидів, економії ресурсів та підвищення енергоефективності [7].

Наприклад, в умовах ПрАТ «Дніпровський коксохімічний завод» (зараз ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ») для збільшення обсягу виробництва агломерату до 550 т/добу в ході капітального ремонту агломераційної машини №11 планувалося [8, 9]:

- замінити блоки та направляючі апаратів мультициклону,
- замінити футеровки стаціонарного та перекидного жолобів,
- замінити на нові барабан-окомкувач, барабан гасіння та барабан охолодження,
- замінити відкриті зубчасті передачі, газовідведення, вакуум-камери та інше обладнання,
- відремонтувати несучі металоконструкції,
- для зменшення енерговитрат встановити тиристорні перетворювачі.

Також ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» виконав капітальний ремонт барабанів агломераційної машини №8 під час вимушеної зупинки агрегату. Зокрема було виконано капітальний ремонт барабана гасіння та заміну барабана-окомкувача агломераційної машини. У барабані гасіння замінили внутрішню броню та спіралі, розвантажувальну частину тіла бочки агрегату. Також замінені опорні та зав'язні ролики, редуктор та приводний вал. Змонтовано нові завантажувальні пристрої конвеєрів та відремонтовано металоконструкції розвантажувального пристрою. Барабан-окомкувач повністю замінений на новий із посиленими металоконструкціями через відпрацювання терміну експлуатації старого барабана [10].

ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» виконав реконструкцію п'яти з шести агломераційних машин (№ 1, 2, 4–6). Була встановлена нова установка очищення газу від зони спікання – електрофільтр компанії Flsmidth (Данія) та новий запальний горн із сучасною енергоефективною системою запалювання, завдяки чому вдалося знизити витрату нею природного газу з 450 до 320–350 м³/год. Зокрема під час модернізації на агломераційній машині №2 замінили газоочищення, запальний горн на більш сучасний та енергоефективний, спікальні візки із збільшенням шару спікання до 450 мм. Також збудований новий електрофільтр і здійснена повна заміна газової системи агломераційної машини, лінійного охолоджувача та його дутєвих вентиляторів. На газовому колекторі встановлені нові двоконусні затвори та пиловий конвеєр закритого типу, що запобігатиме запиленості [11, 12].

В умовах ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» (за даними до лютого 2022р.) капітальний ремонт був виконаний на агломераційних машинах №1–5 (всього їх дванадцять). Наприклад, фахівці ТОВ «Метінвест-Промсервіс» провели на агломераційній машині №4 модернізацію запального горна та встановили нові економічні пальники. За рахунок цього витрата природного газу в процесі нагрівання та спікання агломерату була знижена на 10 %. Після демонтажу старого очищувача повітря на агломераційній машині встановлено обладнання нового покоління виробництва компанії Termokimik Corporation (Італія). Під час капітального ремонту впроваджено сучасну мікропроцесорну систему управління виробництвом [13]. В межах масштабного екологічного проекту з модернізації газоочисного устаткування на аглофабриці ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» виконали роботи з заміни очисних фільтрів на установках В-8, В-9 та провели реконструкцію електрофільтрів на агломераційних машинах № 1–6. Установки В-8 та В-9 призначені для видалення пилу з повітря зони обладнання розвантажувальної частини агломераційної машин корпусу № 1, де працюють агрегати дроблення агломерату, стаціонарний і вібраційний грохоти, перекидний жолоб та інші [14]. Раніше тут виконували очистку електрофільтрами «Спейк» [15], але для більш

ефективного очищення повітря ухвалили рішення замінити наявні фільтри на рукавні ФРІР-5000, де концентрація пилу в повітрі, що відходить, не перевищує 30 мг/куб. м. Ще шість електрофільтрів «Спейк» на агломераційних машинах №1–6 модернізували. Для цього конвеєри й затвори пилоприбирання замінили та повністю оновили обладнання системи управління [14]. Також на ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» була проведена модернізація запальних горнів та заміна існуючих пальникових пристроїв ГНП-6 на сучасні СНТ-22 (з застосуванням струменево-нишевої технології), яка дозволила досягти високої рівномірності розподілу температурного поля за шириною палета, повного спалювання природного газу в короткому факелі з високою теплонапруженістю топкового простору горна, зниження винесення палива до неробочих зон агломераційної машини №8. Загальне зниження витрати природного газу за рахунок модернізації запальних горнів агломераційної машини №8 становило 20–25 % [16].

Одним з головних екологічних проєктів останніх років в умовах ПАТ «Запоріжсталь» стала модернізація газоочисних систем усіх шести агломераційних машин комбінату. Кожна агломераційна машина комбінату обладнана датчиками контролю викидів, які в онлайн-режимі показують ефективність роботи газоочисного устаткування. Це дає змогу оперативно контролювати і управляти викидами шкідливих речовин в атмосферу [17]. На підприємстві періодично ведуться роботи з капітального ремонту агломераційних машин. Так, наприклад, на агломераційній машині №6 було проведено заміну змішувального барабана, головної та розвантажувальної частини агломераційної машини, енерго- та електрокомунікацій, завантажувального горна, відремонтовано екстаустер, газовий тракт та газоочищення [18].

В межах екологічної модернізації агломераційної фабрики ВАТ «Єнакіївський металургійний завод» (за даними до 2014 р. у зв'язку з його знаходженням на тимчасово окупованій території Російською Федерацією) проведено капітальний ремонт фільтраційної системи агломераційної машини №1, внаслідок якого викиди знижено на 4 %. На підприємстві впроваджено застосування нової технології поверхнево активних речовин для оком кування сировини, що важко змочується, на одному з виробничих вузлів агломераційної фабрики, що призвело до зниження викидів на даній ділянці на 8 %. Крім цього, на діючій агломераційній фабриці встановлено сучасний автоматичний контроль роботи вентиляційної системи (екстаустерів) агломераційної машин та впроваджено ще одну новачку – збільшено стійкість роторів екстаустерів [19, 20].

В межах зменшення техногенного навантаження металургійного виробництва на екологію м. Маріуполя Група Метінвест прийняло рішення про закриття агломераційної фабрики на ПрАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь»». Це дозволило радикально покращити якість атмосферного повітря у місті – кількість викидів шкідливих речовин у повітря скоротилося на 30 % та на 10 % зменшилися викиди через шламонакопичувач в акваторію Азовського моря [21, 22].

Постановка завдання. Метою роботи є оцінка впливу вдосконалення технології спікання агломерату в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» на підвищення якості агломерату для подальшого використання у доменному виробництві.

Поставлена мета в роботі вирішується наступними завданнями:

визначити основні недоліки поточної технології спікання агломерату в умовах агломераційного цеху №2 ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» та виявити резерви для подальшої модернізації агломераційної фабрики;

показати можливості збільшення продуктивності агломераційного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» з 3,95 до 5,6 млн.т/рік агломерату;

запропонувати заходи з капітального ремонту агломераційної машини №7;

показати переваги модернізації спікального відділення агломераційної фабрики.

Викладення матеріалу та результати. Відомо, що продуктивність агломераційного цеху №2 ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» досягає 3,95 млн.т/рік агломерату, що на жаль не відповідає рівню європейських норм в межах від 5 до 7 млн.т/рік агломерату. Тому у роботі розглядається можливість збільшення продуктивності агломераційного цеху до 5,6 млн.т/рік агломерату, використовувати той самий склад компонентів шихти, але зменшуючи його питому витрату на 9,66 кг (табл. 1). Розрахункові показники шихти з урахуванням повернення з агломераційного цеху і введення додаткової вологи в шихту приведені у табл. 2.

Таблиця 1

Витрата компонентів шихти при різних обсягах виробництв агломерату

Найменування компонента шихти	При виробництві 3,95 млн.т/рік агломерату			При виробництві 5,6 млн.т/рік агломерату		
	питома витрата (вологих матеріалів), кг/т	річна витрата, т/агло-фабрику	річна витрата, т/агло-машину	питома витрата (вологих матеріалів), кг/т	річна витрата, т/агло-фабрику	річна витрата, т/агло-машину
Залізна руда (ПрАТ «Суха Балка»)	148,00	584600	97433,33	148,00	828800	138133,33
Залізорудний концентрат (ПАТ «Північний ГЗК»)	590,00	2330500	388416,67	590,00	3 304000	550666,66
Залізорудний концентрат (Лебединський ГЗК)	123,00	485850	80975,00	123,00	688800	114800,00
Колошниковий пил	11,00	43450	7241,67	11,00	61600	10266,67
Окалина	3,00	11850	1975,00	3,00	16800	2800,00
Вторинні матеріали	74,00	292300	48716,67	74,00	414400	69066,67
Шлам ділянки залізо-вапняних концентратів	20,00	79000	13166,67	20,00	112000	18666,67
Вапняк звичайний	60,00	237000	39500	60,00	336000	56 000,00
Вапняк на штабель < 5 мм	13,00	51350	8558,33	13,00	72800	12133,33
Відсів вапняку	12,00	47400	7900,00	12,00	67200	11200,00
Доломіт сирий (бункера)	4,00	15800	2 633,33	4,00	22400	3733,33
Доломіт сирий (штабель)	3,00	11850	1975,00	3,00	16800	2800,00
Вапно	42,00	165900	27650,00	42,00	235200	39200,00
Оксидний марганцевий концентрат II-го сорту	14,00	55300	9216,67	14,00	78400	13066,67
Шлак киснево-конвертерного цеху	30,00	118500	19750,00	30,00	168000	28000,00
Коксова дрібниця	8,50	33575	5595,83	6,80	38080	6346,67
Вугілля	39,82	157289	26214,83	31,86	178416	29736,00
Всього:	1195,32	4721514	786919,00	1185,66	6639696	1106616,00

Таблиця 2

Питома витрата компонентів шихти для виробництва агломерату

Найменування компонента шихти	Питома витрата, кг/т	Питома витрата, %
Суміш компонентів шихти (суха вага)	1104,02	77,89
Середня волога в агломераційній шихті (шихта та повернення)	81,64	5,76
Повернення агломераційної фабрики	200,00	14,11
Додаткова волога в шихті (доведення вологи до 8 %)	31,75	2,24
Всього:	1417,41	100,00

Відомо, що згідно традиційній технології виробництва агломерату 40 % тепла, отриманого від спалювання твердого палива в шарі шихти, втрачається при охолодженні агломерату. Вдосконалення зони охолодження (рис. 2) дозволяє використовувати це тепло, нагріваючи повітря і подаючи його в зону спікання, тим самим заощаджуючи значну кількість твердого палива (20 %) і охолоджуючи агломерат до температури ~ 200 °C (рис. 3).

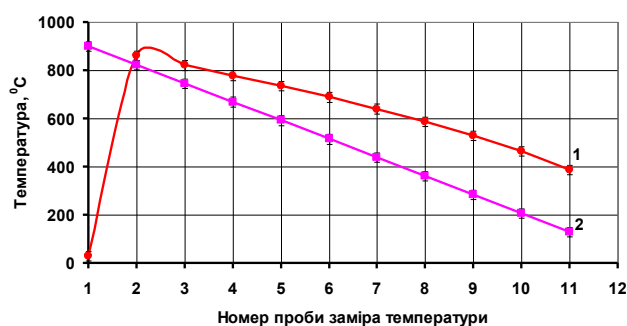


Рис. 3. Співвідношення температури повітря в зоні спікання від температури агломерату, що спікається: 1 – середня температура повітря після кожного етапу спікання, °C; 2 – температура агломерату, що спікається, °C

Серед заходів, що пропонуються для модернізації спікального відділення агломераційної фабрики №2, слід виділити:

1. Для якісного змішування компонентів агломераційної шихти передбачено встановлення нового інтенсивного змішувача в рядах «А-В» на позначці +23,600 (рис. 2). Компоненти шихти в змішувач подаватимуться з бункера шихти новим стрічковим ваговим дозатором, встановленим на позначці +27,700 (рис. 2). Таким чином, буде дозовано задаватися кількість матеріалу на окомкування та пода-

льше спікання, і здійснюватиметься поточний контроль витрати шихтових матеріалів. Зі змішувачів, по реконструйованим (відновленим до первісного стану), похилим конвеєрам агломераційної машини (конвеєра А29Ш–А30Ш), змішана шихта подаватиметься в існуючі барабани-окомкувачі.

Інтенсивні змішувачі істотно відрізняються від барабанів змішувачів своєю компактністю, зниженою вібрацією, а також вищим коефіцієнтом змішування компонентів шихти. У процесі змішування утворюються щільні мікрогранули фракцією 1,0–1,5 мм, які сприяють прискоренню утворення гранул в барабані-окомкувачі, тим самим підвищуючи загальну газопроникність агломераційної шихти, що окомкувалася.

2. Перед окомкуванням передбачено піддозування твердого палива. Застосовується спосіб інтенсифікації процесу за рахунок часткового накочування палива на первинні гранули шихти. Для цього на кожній з двох ліній подачі, в рядах «Г–Д» на позначці +34,000 (рис. 2), на місці встановлених раніше бункерів, які виведені з експлуатації, будуть встановлені нові бункери дробленого палива. Кожен із бункерів розрахований на запас в чотири години при піддозуванні до 10 кг палива на 1 тону агломерату. Тверде паливо крупністю до 3 мм подаватиметься в бункер у вигляді суміші палива крупністю до 3 мм та азоту трубопровідною системою з використанням пневмокамерного насоса, встановленого в корпусі шихтових бункерів та запитаного від існуючого бункера палива. Для роботи системи потрібна подача азоту робочим тиском 0,6 МПа, споживанням 17,5 $\text{м}^3/\text{хв.}$ та вмістом кисню не більше 6 %.

3 бункерів, через вібролійки, тверде паливо подаватиметься на нові вагові стрічкові дозатори, розташовані у рядах «Г–Д» на позначці +27,700 (рис. 2), а потім дозовано вивантажуватися на похилі конвеєра (конвеєра А29Ш–А30Ш) змішаної шихти, що реконструюються.

3. Для капітального ремонту агломераційної машини №7 (рис. 4) пропонується виконати: ремонт поздовжніх та поперечних ущільнень агломераційної машини; ремонт газового колектора, вакуум-камер, пилових мішків, компенсаторів в зоні спікання, вакуум-камер в зоні охолодження;

відновлення термічної ізоляції на газовому колекторі, вакуум-камерах, пилових мішках.

У завантажувальному бункері шихти буде встановлено розподільник потоку шихти. На всіх вакуум-камерах ділянки спікання агломераційної машини буде встановлено нові шибери з ручним приводом.

Рис. 4. 3D–модель модернізованої агломераційної машини №7 в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Над агломераційною машиною №7 буде встановлено нове укриття на всьому її протязі від горна до хвостової частини, за винятком ділянки перед розвантажувальною частиною, де проводитиметься заміна зношених палет для їх відновлювального ремонту. Укриття представлятиме собою металевий каркас і корпус змінного перерізу по висоті, покритий зовні теплоізоляційним матеріалом з температурою поверхні не більше 60 °С. По бортах укриття будуть розташовані поздовжні ущільнення, а в торцях – поперечні. В середині укриття буде встановлено спеціальний газорозподільний пристрій.

Всі агломераційні візки будуть схильні до реконструкції: встановлення поздовжньої металевієї пластини для забезпечення ущільнення між спальним візком і укриттям.

4. Частина газового колектора (існуюча зона охолодження) буде демонтована на ділянці – від ряду «П» до хвостової частини агломераційної машини (рис. 2). На частині колектора (зона спікання), що залишилася, буде виконано відновлювальний ремонт, у тому числі, відновлення термоізоляції його корпусу і пилових мішків.

При ремонті газового колектора необхідно передбачити заміну існуючих клапанів-мигалок на клапани-мигалки конусного типу. Це дасть зниження шкідливих підсмоктувачів і підвищення температури в газовому колекторі, що покращить роботу системи технологічного газоочищення, особливо в зимовий період часу.

5. На ділянці попереднього охолодження агломерату, в зоні демонтованого колектора, буде розташований новий колектор повітря охолодження. Повітря в нього подаватиметься трьома



новими вентиляторами, встановленими на позначці + 5,000 (рис. 2). Потреба у воді на охолодження підшипників вентиляторів для однієї агломераційної машини складатиме $1,8 \text{ м}^3/\text{год}$.

З нового колектора холодне повітря через існуючі вакуум-камери подаватиметься знизу під колосникові ґрати і під тиском проникатиме через шар агломерату знизу вгору. Потім повітря в нагрітому стані до $\sim 380^\circ\text{C}$, під укриттям переміщатися на ділянку спікання і через газорозподільний пристрій потрапляти на верхній шар спеку, надходити через шар зверху вниз на спікання по всій протяжності зони спікання агломерату.

На колекторі повітря охолодження буде передбачена видача пилу та дрібних частинок агломерату, що потрапляють у колектор повітря охолодження через колосникові ґрати, на існуючий конвеєр пилу газового колектора.

Для дозованої видачі пилу та запобігання шкідливого підсмоктування в колекторі повітря охолодження на пилових мішках будуть встановлені нові конусні клапани-мигалки.

Таким чином, запропонована технологія подачі нагрітого повітря в зону спікання дозволить:

- використовувати тепло від охолодження агломерату;
- підвищити вертикальну швидкість спікання за рахунок подачі гарячого повітря на всьому протязі зони спікання;
- знижити кількість дрібниці, утвореної у верхньому шарі агломерату у зоні спікання;
- зняти напругу в шарі агломерату при повторному пропуску тепла знизу вгору на ділянці охолодження, що також сприятиме зниженню утворення дрібниці в агломераті.

6. Для ефективного сортування після одновалкової зубчастої дробарки, на заміну стаціонарних ґрат, буде встановлено новий електровібраційний гуркіт з пересувним візком. Гуркіт буде мати комірку 5 мм, і на ньому відсіюватиметься дрібниця – 5 мм, що утворилася при спіканні. Гуркіт матиме електроприводний пересувний візок, для його переміщення за межі агломераційної машини під існуючий монтажний проріз в рядах «Ф–Х» для заміни полотна, що просіває, і виконання ремонтних робіт (рис. 2).

При розробці загальних технічних рішень щодо модернізації спікального відділення агломераційного цеху №2 розглядається також і питання розташування обладнання, що знову встановлюється, з метою визначення можливості його розміщення:

1. Розташування обладнання, що знову встановлюється (за винятком вентиляторів-нагнітачів), передбачається в місцях розташування існуючого або демонтованого обладнання. Так змішувач інтенсивного змішування (на позначці +23600 в осях «А–В») розташовується на місці демонтованого змішувача; вагові дозатори (на позначці +27,700 по осі «В») на місці існуючих дозаторів; бункер (на позначці +34,000 в осях «Г–Д») – на місці існуючих бункерів; рукавні фільтри (на позначці +1,300 в осях «Г–Е») – на місці існуючих батарейних циклонів (рис. 2).

Ваги обладнання, що знову встановлюється, приблизно відповідають вагам існуючого або демонтованого обладнання, що дозволяє зробити висновок про можливість розміщення обладнання, що знову встановлюється, без значних витрат на посилення несучих конструкцій спікального відділення агломераційної фабрики №2.

2. Вентилятори-нагнітачі розташовуються на позначці +5,000 в осях «Н–С» (рис. 2). З метою їх розміщення передбачається демонтувати збірні залізобетонні плити на позначці +5,000 і виконати монолітне перекриття металевими балками з використанням профільованого листа в якості незнімної опалубки.

3. Гуркіт встановлюється на позначці +13,600. Для його встановлення передбачається виконати перекриття металевими балками і посилення залізобетонних колон в осях «Ф–Х» (рис. 2).

Слід зазначити, що підключення основного технологічного обладнання передбачається до трифазної мережі 380/220В, 50Гц. Для підключення устаткування, що знову встановлюється, пропонується замінити існуючий масляний трансформатор 2-1-1 6/0,4 кВ 1000 кВА на масляний трансформатор 6/0,4 кВ 3200 кВА.

У разі аварійної ситуації в мережі електроживлення агломераційної машини №7 передбачається секційне переключення до мережі живлення агломераційної машини №8 із зниженням продуктивності агломераційної машини №7 згідно з чинним регламентом на сьогоднішній день.

Таким чином, запропонована модернізація агломераційної машини №7 дозволить (табл. 3):
 видавати з агломераційної машини агломерат із температурою $\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 проводити термічну обробку агломерату (знижуючи його крихкість, підвищуючи пластичність та збільшуючи вихід придатного продукту);
 на 20 % знизити питому витрату твердого палива на спікання агломерату;
 використовувати все гаряче повітря від зони охолодження агломерату для процесу його спікання, тим самим підвищуючи енергоефективність процесу спікання;
 постійно охолоджувати корпуси та колосники палет, тим самим не допускаючи їх тривалого перегріву та збільшуючи термін служби на 10 %;
 знизити до $\leq 30\text{ мг/м}^3$ загальну кількість пилу, що виділяється від шару спеченого агломерату, при його вивантаженні з агломераційної машини.

Таблиця 3

Порівняльні показники виробництва агломерату

Найменування показників роботи агломераційної машини №7	Поточне виробництво	Після модернізації агломераційної машини №7
Продуктивність виробництва агломерату, т/рік	83,253	117,850*
Крупність агломерату, мм	5–120	5–120
Кількість повернення, т/т агломерату	0,214	0,200
Кількість дрібниці (<5 мм) агломерату при вивантаженні на бункерну естакаду доменного цеха, %	14,100	$\leq 8,000$
Температура готового агломерату, $^{\circ}\text{C}$	~ 700	~ 200
Питома витрата твердого палива, кг/т агломерату	48,320	38,660
Збільшення терміну служби колосників, %	0	+ 10,000
Залишкові викиди пилу технологічного газоочищення (з димової труби), мг/м^3	381,000	$\leq 30,000$
Залишкові викиди CO після технологічного газоочищення (з димової труби), мг/м^3	< 6500,000	< 6500,000

* Примітка: при роботі агломераційної машини 24 год./добу в період 330 діб продуктивність машини складає: $17,85 \cdot 24 \cdot 330 = 933,372$ т/рік агломерату

Висновки та напрямки подальших досліджень. Аналіз шляхів підвищення конкурентоспроможності агломераційного виробництва показав на необхідність будівництва агломераційних фабрик нового покоління з сучасними агломераційними машинами; проведення капітального ремонту та модернізації основних фондів агломераційного виробництва; використання автоматизованих системи управління технологічним процесом та станом основних фондів; застосування енергозберігаючих технологій спікання агломерату та інше. Зокрема в Україні впроваджується екологічна модернізація агломераційного виробництва, яка направлена на модернізацію виробництва для зменшення викидів, економії ресурсів та підвищення енергоефективності.

Показано можливості збільшення продуктивності агломераційного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» до 5,6 млн т/рік агломерату за рахунок модернізації спікального відділення. Використовуючи резерви існуючої технології спікання агломерату та обладнання (встановлення нового інтенсивного змішувача, піддозування твердого палива, застосування двостадійного грохочення, вдосконалення зони охолодження, вдосконалення процесу газоочищення технологічних газів та аспірації основних вузлів пиловидалення), а також капітальний ремонт агломераційної машини №7 можливим представляється підвищення продуктивності машини до 933,372 тис т/рік агломерату.

Запропоновані заходи з модернізації агломераційної машини №7 можуть бути використані при реконструкції інших агломераційних машин ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

У подальших дослідженнях доцільно розглянути питання вдосконалення технологічного газоочищення та пиловидалення на агломераційній фабриці ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Список літератури

1. Берсенева И.С. Разработка и исследование технологии агломерации гематитовых руд Большетроицкого месторождения: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.16.02 /Берсенева Иван Сергеевич; ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина». – Екатеринбург. – 2011.– 22 с.
2. Каплун Л.И. Анализ процессов формирования агломерата и совершенствование технологии его производства: дис. ... д-р. техн. наук : 05.16.02 /Каплун Лев Исаакович; Уральский государственный технический университет. – Екатеринбург. – 2000.– 376 с.

3. Шевцов Е.К. К вопросу повышения эффективности агломерации /Е.К. Шевцов, В.М. Никопорец // Науковий вісник ДонНТУ. – 2005. – С. 18–22.
4. Бернштейн Р.С. Повышение эффективности агломерации. – М.: Металлургия, 1979. – 144 с.
5. Фізико-хімічні основи і реалізація технології спікання агломерату основністю 1,6 з застосуванням руди родо-вища Суха балка / Я.В. Мянська, Ю.С. Проїдак, Л.В. Камкіна та ін.// Теорія і практика металургії. – 2018. – №6. – С. 81–92. <https://doi.org/10.34185/tpm.6.2018.11>
6. Мельник Я.В. Энергозберігаючі технології як основа для підвищення конкурентоспроможності гірничо-металургійної продукції /Я.В. Мельник // Інвестиції : практика та досвід. – 2011. – №14. – С. 72–76.
7. Екологічна модернізація [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://metinvestholding.com/ua/upload/sr-2020/assets/pdf/Ukrainian%20download%20centre/5.%D0%97%D0%90%D0%A5%D0%98%D0%A1%D0%A2%20%D0%94%D0%9E%D0%92%D0%9A%D0%86%D0%9B%D0%9B%D0%AF/Metinvest_2020_SR-Ukr-Web-%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%96%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf
8. Капремонт агломашины на МП ДКХЗ [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://metinvest.media/ru/page/kapremont-aglomashiny-na-dkhz>
9. Підсумки 2021: Дніпровський коксохімічний завод [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://metinvest.media/ua/page/itogi-2021-dneprovskiy-koksohimicheskiy-zavod>
10. «Каметсталь» выполняет капитальный ремонт барабанов агломашины №8 <https://gmk.center/news/kametstal-vypolnyaet-kapitalnyj-remont-barabanov-aglomashiny-8/>
11. «АрселорМиттал Кривой Рог» завершил реконструкцию агломашины №4 [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://gmk.center/news/arselormittal-krivoj-rog-zavershil-rekonstrukciju-aglomashiny-4/>
12. «АрселорМиттал Кривой Рог» проводит горячие испытания агломашины № 2 после реконструкции [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://eba.com.ua/arselormittal-krivyy-rig-provodyt-garyachi-vyprobuvannya-aglomashyny-2-pislya-rekonstruktsiyi/>
13. ММК им. Ильича завершил капитальный ремонт агломашины №4 [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://lityo.com.ua/mmk-im-ilicha-zavershil-kapitalnyj-remont-aglomashiny-n4>
14. На аглофабрике ММК имени Ильича жодна труба не димить [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://metinvest.media/ua/page/na-aglofabrike-mmki-ni-odna-truba-ne-dymit>
15. Метінвест завершив найбільший екологічний проект в історії України [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/20201216-metinvest-zavershyv-najbilshiy-ekologichnyj-proekt-v-istoriyi-ukrayiny/>
16. Модернизация горелочного оборудования зажигательных горнов агломерационных машин аглофабрики ЧАО «ММК им. Ильича» / М.А. Томаш, Б.В. Изотов, А.Е. Турбаба и др. // Металл и литье Украины. – 2017. – №1(284). – С.16–19.
17. «Запоріжсталь» інвестує 42 млн грн на рік в екомодернізацію [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://gmk.center/ua/news/zaporizhstal-investuie-42-mln-grn-na-rik-v-ekomodernizaciju/>
18. Запоріжсталь закончила ремонт агломашины [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://readmetal.com/?p=253>
19. ЕМЗ выделил на экологию 90 млн грн. [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://minprom.ua/news/131106.html>
20. Украина: основные экологические проекты в ПАО «Енакиевский металлургический завод» (ЕМЗ). [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://ukrmet.dp.ua/2014/03/18/ukraina-osnovnye-ekologicheskie-proekty-v-pao-enakievskij-metallurgicheskij-zavod-emz.html>
21. На «Азовстали» розпочався демонтаж аглофабрики [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://azovstal.metinvestholding.com/ua/press/news/show/5361?year=2014>
22. Металургійний комбінат «Азовсталь» почав демонтаж агломераційної фабрики у Маріуполі [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.5.ua/tekhnolohiyi/metalurhiyni-kombinat-azovstal-pochav-demontazh-ahlomeratsiinoi-fabryky-u-mariupoli-61876.html>

УДК 622.684: 622.271

В.І. ПАХОМОВ, канд. техн. наук, доц., І.В. ГІРІН, ст. викл., В.В. МАЛКА, магістр.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА КАР'ЄРНОМУ АВТОТРАНСПОРТІ

Мета. Основною метою роботи є підвищення ефективності експлуатації технологічного автотранспорту глибо-ких кар'єрів шляхом застосування паливно-мастильних матеріалів з поліпшеними експлуатаційними властивостями.

Методи дослідження. У роботі використаний комплекс наукових методів досліджень, що включає: наукове узагальнення та техніко-економічний аналіз досвіду розробки залізрудних кар'єрів, формування та експлуатації транспортних систем, математичні і логічний методи диференціального обчислення під час обґрунтування оптима-

льних ухилів транспортних комунікацій, енергетичний аналіз щодо енергоємності різних видів транспорту; Крім того використано приватні методи інтерпретації, програмно-цільовий аналіз, аксіоматичний та гіпотетичний методи.

Наукова новизна. Наукова цінність роботи полягає у: - розвитку методу енергетичної оцінки різних видів кар'єрного транспорту, що базується на встановлених залежностях питомих енерговитрат на підйом гірничої маси від якості паливно-мастильних матеріалів, поліпшених з використанням методу електрофізичного впливу; - створенні системи автоматизованих розрахунків енергетичних показників технологічного автотранспорту; - розробці методичних засад оцінки та формування якості паливно-мастильних матеріалів для кар'єрних самоскидів, а також вибору оптимальної моделі для екстремальних умов експлуатації; - класифікації технологічних параметрів паливних матеріалів, що дозволяє при експлуатації вибирати раціональні моделі автотранспортного обладнання, забезпечуючи необхідні їх експлуатаційні якості; - розроблені методології проведення складних та трудомістких експериментальних досліджень автосамоскидів особливо великої вантажопідйомності із застосуванням новітньої апаратури, яка дозволяє комплексно оцінити вплив зовнішніх факторів на екологічність машин та розробити конкретні заходи щодо зниження їх негативного впливу.

Практична значимість. Використання результатів досліджень дозволяє: - оптимізувати експлуатаційні показники різних видів транспорту за глибиною кар'єрів та скоротити енерговитрати на транспортування гірничої маси; - забезпечувати автоматизоване вирішення завдань аналізу, планування та нормування енергетичних показників технологічного автотранспорту глибоких кар'єрів; - приймати науково обґрунтовані рішення на стадії проектування, що забезпечують енергетично ефективну роботу транспортних систем глибоких кар'єрів

Результати. За результатами досліджень і економічного аналізу дана оцінка ефективності різних енергозберігаючих технологій для кар'єрного автотранспорту з використанням на найближчу перспективу і в майбутньому

Ключові слова: паливна економічність, ефективність експлуатації, кар'єрний автосамоскид

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-58-64

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Понад дві тисячі автосамоскидів «БЕЛАЗ» працюють на підприємствах України, що складає більше 90% загальної кількості кар'єрних самоскидів усіх виробників, присутніх на наших кар'єрах. Найбільшими об'єктами, які експлуатують техніку «БЕЛАЗ» є залізрудні гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК) міста Кривий Ріг, де зосереджено біля третини усього українського парку машин, у тому числі понад 200 машин із електромеханічною трансмісією вантажопідйомністю 120-220т, котрі забезпечують основний обсяг транспортування гірничої маси. Тільки за останні два роки підприємства Криворізького залізрудного басейну (Кривбасу) придбали 52 одиниці техніки марки «БЕЛАЗ», із них 31 самоскид БЕЛАЗ-75131 вантажопідйомністю 130 т. Враховуючи сталу ситуацію з енергоносіями та кількість великовантажних автосамоскидів, що працюють на рудниках Кривбасу, проблема підвищення паливної економічності такої техніки є вельми злободенною.

Аналіз досліджень і публікацій. Проведені дослідження і техніко-економічний аналіз умов і результатів експлуатації, технічного стану автомобілів-самоскидів, а також оцінка стану виробничо-технічної бази гірничотранспортних цехів ГЗК Кривбасу дозволили науково обґрунтувати такі перспективні напрямки розвитку енергозберігаючих технологій на кар'єрному автотранспорті:

поліпшення експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів шляхом обробки палива і очищення палива новим електрофізичним методом, який підвищує енергетичний стан молекул дизельного палива і який реалізується в новому пристрої, що індивідуально встановлюється на кар'єрних автосамоскидах;

використання технології малої добавки водню до дизельного палива в системі живлення двигунів кар'єрних автомобілів-самоскидів;

використання газодизельних систем живлення на автомобілях-самоскидах із застосуванням нових конструктивних розробок і технологій газодизельного процесу;

поліпшення умов експлуатації автомобілів-самоскидів шляхом зменшення сил опору їх руху за рахунок застосування раціонального поздовжнього і поперечного профілю кар'єрних автоторіг;

оптимізація економічного режиму роботи дизельного двигуна за рахунок контролю технічного стану його паливної апаратури за допомогою бортової комп'ютерної діагностичної системи;

застосування дизель-тролейвозів в певних гірничотехнічних умовах з використанням нових конструктивних розробок струмоприймачів, контактної електромережі і керування електроприводом.

Постановка завдання. Завдання підвищення паливної економічності кар'єрних автосамоскидів відноситься до розробки нових паливних систем і їх елементів, а також створення раціо-

нальних умов експлуатації і оптимізації за критерієм мінімальних витрат на одиницю транспортної роботи. Об'єктом досліджень є процеси експлуатації промислового технологічного автотранспорту глибоких кар'єрів, а предметом – взаємозв'язок параметрів паливної системи двигуна та техніко-економічних показників технологічного автотранспорту глибоких кар'єрів.

Викладення матеріалу та результати. Однією з найважливіших умов ефективної експлуатації кар'єрного автотранспорту є застосування високоякісних сортів паливно-мастильних матеріалів з поліпшеними експлуатаційними властивостями. Значною мірою саме експлуатаційні властивості палива і мастил головним чином впливають на економічність застосування рухомого складу в складних гірничотехнічних умовах кар'єрів Кривбасу. Так обґрунтування і забезпечення оптимальних показників системи: двигун – паливо і мастила – умови експлуатації дає можливість отримати найвищу ефективність використання всіх складових частин в цій системі.

Відповідно до призначення палива характеристики процесу згоряння є найголовнішими і визначальними його експлуатаційними властивостями. Здатність палива згорати досить повно і рівномірно при будь-яких режимах навантаження двигуна з виділенням найбільшої кількості тепла – найважливіша експлуатаційна властивість палива, що впливає на економічні та екологічні показники автомобіля. Разом з цим існує і ряд специфічних питань, пов'язаних не тільки з горінням палива, але і з особливостями тертя і зносу металів в паливному середовищі, стабільністю і схильністю їх до утворення відкладень і нагару в камерах згорання, корозійної активності і інших експлуатаційних властивостей.

Багато вітчизняних та зарубіжних фірм вирішують завдання по поліпшенню експлуатаційних властивостей паливно-мастильних матеріалів за наступними науково-технічними і науково-технологічними напрямками:

удосконалення технології переробки з підвищенням якості нафтопродуктів;

застосування рецептур різних присадок;

безреагентні методи з використанням електрофізичного впливу на паливно-мастильні матеріали.

Багатьма дослідниками відзначається, що застосування рецептур різних присадок поряд з позитивним впливом має і ряд суттєвих недоліків. Так найчастіше проявляється корозія розпилювача форсунок і інших деталей паливної системи.

Численні дослідження з використанням методу електрофізичного впливу (зовнішнього потужного магнітного поля) показали, що паливно-мастильні матеріали після такої обробки змінюють на певний період (до двох годин) свої експлуатаційні та енергетичні властивості. В результаті електрофізичного впливу паливо більш повно згорає, що призводить до зниження витрати палива, зменшення кількості токсичних складових у відпрацьованих газах і підвищення надійності паливної апаратури і двигуна.

У теоретичному плані поліпшення експлуатаційних властивостей палива пояснюється впливом на атомні частки вуглеводню і кисню зовнішнього магнітного поля. Так атомні частки, що володіють магнітним моментом, потрапляючи в сильне зовнішнє магнітне поле, орієнтуються в ньому і набувають зєсманівську додаткову енергію. Для протона вона має вигляд

$$E = -\mu_n \cdot H_o, \quad (1)$$

де μ_n – магнітний момент протона; H_o – напруженість магнітного поля.

Ядерна поляризація в звичайних умовах буває незначною, але при збільшенні зовнішнього магнітного поля збільшується різниця енергії спинів, що призводить до зростання ядерної поляризації. В обсязі речовини з'являється спрямований уздовж магнітного поля сумарний момент ядер M (намагніченість)

$$M = \frac{\mu_n^2 \cdot H_o \cdot n_o}{K \cdot T}, \quad (2)$$

де n_o – число ядер в одиниці об'єму речовини; K – постійна величина Больцмана; T – температура речовини.

Різде зменшення напруженості магнітного поля призводить до того, що додаткова енергія протона, знаходячись поблизу ядер водню, поглинається атомами елементів з відмінним від нуля електронним спіном. Цими елементами можуть бути парамагнетичний кисень, вільні ра-

дикали та ін., тобто парамагнітні центри взаємодіють з основною хімічною сполукою, куди поміщені ці центри.

Збільшення поляризації ядер водню при зміні напруженості магнітного поля неминує викликає збудження електронних оболонок в молекулах за рахунок надтонкої взаємодії, що в свою чергу викликає індукційні струми, що впливають на фізичні властивості палива.

Для підвищення ефективності, стабільності і універсальності магнітного впливу на вуглеводневі палива запропонований електрофізичний височастотний метод, заснований на резонансному поглинанні енергії ядерною системою. Новий спосіб полягає в одночасному впливі на вуглеводневі рідини постійного магнітного поля і резонансного височастотного електромагнітного поля H_1 . При цьому частота коливань збігається з частотою прецесії ядер в даному магнітному полі H_0 і спостерігається виборче поглинання енергії генератора на частоті

$$\omega = \gamma \cdot H_0, \quad (3)$$

де γ – гіромагнітне відношення протона.

Змінне електромагнітне поле H_1 викликає збудження системи ядерних спінів, яке описується гамільтоніаном

$$H'(t) = H \cdot \cos \omega \cdot t = g_n \cdot \beta \cdot I \cdot H_1 \cdot \cos \omega \cdot t. \quad (4)$$

Вплив електромагнітного поля H_1 викликає інтенсивні переходи «від низу до верху» і навпаки між рівнями, і больцманівський розподіл заселеності порушується. При цьому електромагнітна енергія поля H_1 частково поглинається, спостерігається сигнал абсорбції, а отже, збільшується енергія середовища. Потужність P , яка поглинається спінами із змінного електромагнітного поля, дорівнює

$$P = h \cdot \omega \cdot W_h = h \cdot \omega \cdot n_0 \frac{W}{1 + 2W \cdot T_1}. \quad (5)$$

В кінцевому підсумку, резонансне поглинання протонної системою вуглеводневої рідини електромагнітної енергії коливального контуру, а в подальшому обмін цією енергією з молекулярною системою рідини призводить до зміни фізичних і фізико-хімічних параметрів паливно-мастильних матеріалів. В кінцевому результаті електрофізичний вплив призводить до зміни константи швидкості хімічної реакції K_f , яка визначається за законом Арреніуса за рахунок зміни енергії активації E_a

$$K_f = K_0 \cdot \sqrt{T} \cdot e^{-E_a / RT}. \quad (6)$$

Це, в свою чергу, позначається на швидкості і повноті горіння палива, а отже на паливній економічності автомобіля в цілому.

Практична реалізація розглянутого способу обробки паливно-мастильних матеріалів здійснювалася розробкою конструкції вискоефективного фільтра з відмітним принципом дії. Загальний вид електромагнітного фільтра наведено на рис. 1, а його поперечний розріз на рис. 2. Він складається з двох вузлів: спеціальної ділянки паливного трубопроводу, оснащеною магнітною системою і височастотною електромагнітною системою; електронного височастотного генератора.

Для того, щоб забезпечити необхідний час релаксації атомних частинок палива на протязі 2-3 секунд (при годинній витраті палива 200 л/год) були виконані на комп'ютері численні і складні розрахунки по визначенню геометричних параметрів всіх елементів магнітної системи, спеціальної ділянки паливного трубопроводу і електронного височастотного генератора: внутрішнього діаметра паливного трубопроводу і його загальної довжини; діаметра магнітопровідного сердечника; типу і розмірів постійних кільцевих магнітів і їх кількості; розмірів діелектричного каркаса для навантажувальної котушки електронного височастотного генератора; діапазону робочих частот електронного генератора і всіх елементів принципової схеми з урахуванням напруги живлення бортової низьковольтної мережі автомобіля в 24 вольт.

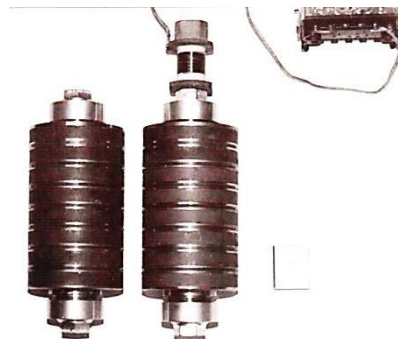


Рис. 1. Загальний вид електромагнітного фільтра у зборі

Розроблений електромагнітний фільтр не має традиційного змінного фільтруючого елемента, а всі продукти зносу і смолисті частки затримуються на фігурному сердечнику в результаті його намагнічування. Під час технічного обслуговування автомобіля електромагнітний фільтр розбирається, фігурний сердечник виймається, очищається і промивається, і знову встановлюється у фільтр для подальшої експлуатації.

Розроблена конструкція електромагнітного фільтра забезпечує дві функції: високий ступінь очищення від механічних, абразивних, феромагнітних частинок і смолистих речовин; підвищення енергії активації палива. Електромагнітний фільтр призначений для установки в якості додаткового фільтра в основну паливну магістраль між фільтром остаточного очищення палива і паливним насосом високого тиску.

Стендові випробування проводилися на дизельному двигуні КТА-2300 фірми Cummins в ГТЦ Тернівського РУ ПрАТ «Північний ГЗК». Експериментальна установка була налаштована щодо резонансного поглинання високочастотної енергії протонної системою за допомогою осцилографа і цифрового частотоміра. Напруженість магнітного поля в зазорі між фігурним сердечником і корпусом паливного трубопроводу створена величиною в 1850-2050 ерстед. Стендові випробування проводились у відповідності з «Програмою і методикою проведення порівняльних стендових випробувань на двигуні КТА-2300 електромагнітного паливного фільтра».

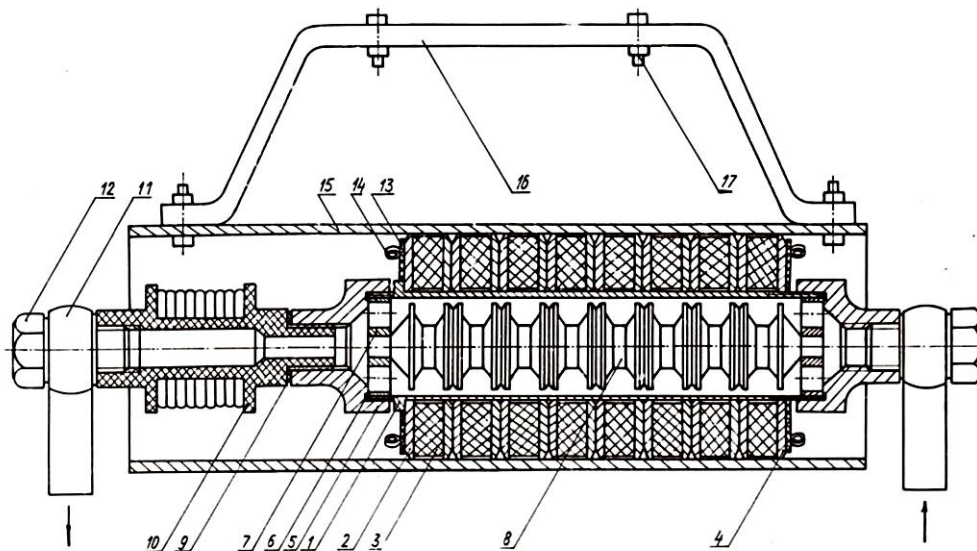


Рис. 2. Поперечний розріз електромагнітного фільтра: 1-8 - складові деталі магнітної системи; 9-10 - складові деталі електромагнітної системи паливопроводу; 11-17 - деталі кріплення паливопроводу і фільтра

Експлуатаційні випробування електромагнітного паливного фільтра проводилися на автомобілі-самоскиді БелАЗ-7519 гаражний №222 в ГТЦ Аннівського РУ ПрАТ «Північний ГЗК», на автомобілі КамАЗ-5320 та автобусі Ікарус-260.

Висновки і напрямок подальших досліджень. В результаті проведених експлуатаційних випробувань протягом року встановлено:

- зниження питомої витрати палива на 1 ткм склало 4,3-8,06%;
- зниження годинної витрати палива в режимі холостого ходу двигуна складало до 10,6%;
- ступінь очищення від механічних, абразивних, феромагнітних частинок і смолистих речовин склала 100%;
- збільшення терміну служби паливної апаратури і штатних паливних фільтрів підвищилося в 2,2 рази;
- зменшення вмісту токсичних компонентів у відпрацьованих газах на 11-34%;
- зменшення коефіцієнта задимлення K склало 13-16%;
- підвищення температури обробленого фільтром палива на 5-6 градусів;
- двигун швидше і легше запускається в будь-яку пору року;
- оптимальний діапазон частоти електронного високочастотного генератора визначено в межах 85-100 кГц;
- споживана електрична потужність склала 1,5-2,0 Вт.

Список літератури

1. **Систук В. А.** Определение необходимости мощности силовой установки карьерного самосвала при использовании комбинированного способа управления поворотом / **В. А. Систук, В. А. Веснин** // Вісник СевНТУ : Збірник наукових праць. Серія Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь. – 2013. – Вип. 143. – С. 147–152.
2. **Систук В. А.** Снижение времени маневрирования и погрузки при транспортировании рудной массы большегрузными карьерными автосамосвалами / **В. А. Систук, Ю. А. Монастырский, А. В. Веснин** // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля : Науковий журнал. – Луганськ. – 2012. – Ч. 1. – № 9 (180). – С. 17–23.
3. **Монастырский Ю. А.** Моделирование ресурсных и технологических состояний функционирования карьерных самосвалов БелАЗ / **Монастырский Ю. А., Потапенко В. В.** // Вісник СевНТУ. – 2013. – Вип. 143. – С. 83–87. (Серія: Машиноприладобудування та транспорт).
4. **Артемьев В. Б.** Открытые горные работы 2006-2015: достижения и перспективы. / **Артемьев В. Б., Казаков С. А.** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отд. выпуск. – 2015. – № 45-1. – С. 7-21.
5. **Медведева О. А.** Обеспечение грузотранспортной связи при доработке глубоких карьеров / **Медведева О. А.** // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2011. – Вип. 94.
6. **Пыталев И. А.** Тенденции развития научно-методических основ определения параметров открытых горных работ при комплексном освоении недр земли / **И. А. Пыталев** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S4-2. – С. 29-38
7. **Крейсман Е. А.** Аналіз гірничо-технічних умов експлуатації та режимів руху великовантажних самоскидів Криворізького регіону / **Крейсман Е. А., Монастирський Ю. А., Веснін А. В., Гальченко А. В.** // Вісті Автомобільно-дорожного інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – 2012. – № 1(14). – С. 115-119.
8. **Монастырский Ю. А.** Современное состояние технологического автотранспорта железорудных карьеров / **Ю. А. Монастырский, А. С. Вивчарык, И. В. Бондарь, Т. А. Климов** // Новітні шляхи створення, технічної експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів: всеукраїнської наук.-практ. конф., 8-11 вер. 2015 р.: збірник тез доповідей. – Одеса, 2015. – С. 165-166.
9. **Wayne K. Schroeder.** Energy regeneration for surface-mine haulage trucks / **K. Schrotder Wayne** // Mining Magazine. 1993. - Vol. 148. - №6. - P. 456 -463.
10. **Кuo Y.** Highway earthwork and pavement production rates for construction time estimation // Ph.D. Thesis, University of Texas, USA. – 2004.
11. **Кулешов А. А.** Управление ресурсом карьерных автосамосвалов / **Кулешов А. А., Зырянов И. В., Паианский С. Ф.** // Горный журнал, 2003, № 1, с. 52-56.
12. **I. N. Varakin.** Application of ultracapacitors as traction energy sources / **I. N. Varakin et al** // Thesis of 7th International Seminar on Double Lauer Capacitors and Similar Energy Storage Devices, December 8-10, 1997. Florida; Deerfield Beach, 1997.-P. 87-91.
13. **Монастырский Ю. А.** Оптимизация параметров экскаваторно-автомобильных комплексов для стесненных условий глубоких карьеров / **Ю. А. Монастырский, А. В. Веснин, В. А. Систук** // Проблемы и пути эффективной отработки алмазодносных месторождений: междунар. науч.- практ. конф., 11-15 апр. 2011 г.: сб. тезисов докл. – Мирный, 2011. – С. 56
14. **Сістук В. О.** Урахування особливостей гірничотехнічних умов експлуатації автосамоскидів як шлях до підвищення продуктивності кар'єрної техніки / **В. О. Сістук, Ю. А. Монастирський, А. В. Веснін** // Вісник Криворізького технічного університету: Кривий Ріг. – КНУ, 2014. – Вип. 37. – С. 10–18.
15. **Систук В. А.** Обоснование необходимости корректирования коэффициента сопротивления движению при определении сложности карьерных автодорог / **В. А. Систук, А. В. Веснин, Н. В. Водолазская** // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля : Науковий журнал. – Ч. 1. – № 5 (194). – Луганськ, 2013. – С. 122–125.
16. **Монастирський Ю. А.** Моделювання функціонування кар'єрних автосамоскидів / **Ю. А. Монастирський** // Качество мінерального сиров'я: сб. научн. трудов. – Кривой Рог, 2011. – С. 420-424.
17. **Систук В. А.** Определение причин потерь рабочего времени экскаваторно-автомобильных комплексов на Петровском карьере ОАО «ЦГОКа» / **В. А. Систук, Ю. А. Монастырский** // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог, 2011. – Вип.94. – С. 293–297.
18. **Монастырский Ю. А.** Эксплуатация и сервисное обслуживание карьерной техники «БЕЛАЗ» в Украине / **Монастырский Ю. А.** // Горный журнал. – 2013. – № 1. – С. 78-80.
19. **Монастирський Ю. А.** Математична модель експлуатації кар'єрного самоскида БЕЛАЗ / **Монастирський Ю. А., Потапенко В. В.** // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2015. – № 2(219) – С. 73-77.
20. **Монастирський Ю. А.** Питання експлуатації та безпеки роботи кар'єрного автотранспорту / **Жуков С. О, Монастирський Ю. А., Янова Л. О.** // – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. – 202 с.
21. **Почужевський О. Д.** Специфіка умов експлуатації самохідних колісних машин на відкритих розробках / **О. Д. Почужевський** // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. пр. – Кривий Ріг, 2014. – Вип. 37. – С. 222–227.
22. **Почужевський О. Д.** Шляхи скорочення витрат дизельного пального під час експлуатації самохідних машин / **О. Д. Почужевський** // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. пр. – Кривий Ріг, 2014. – Вип. 36. – С. 267-272.
23. **Дриженко А. Ю.** Карьерные технологические горнотранспортные системы: моногр. / **А. Ю. Дриженко.** // – Д.: НГУ, 2011. – 542 с.
24. **Golubeva A.S.** Improved economic stimulation mechanism to reduce vehicle CO2 emissions/ **A.S. Golubeva, E.R. Magaril** // WIT Transactions on the Built Environment, 130. – UK: WIT Press, 2013. – P. 485-494.

О.М. БРАДУЛ, д-р екон. наук, проф., М.О. ЮНАЦЬКИЙ, канд. екон. наук, ст. викл.,
А.Ю. ІГНАТОВА, студ.
Криворізький національний університет

РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ В ІНТЕРНЕТ-СТРАХУВАННІ УКРАЇНИ

Мета. Розгляд змісту «інтернет-страхування» та його ролі у розвитку фінансових технологій на ринку страхових послуг.

Методи дослідження. У роботі використовувалися загальнонаукові методи дослідження, методи теоретичного аналізу та логічного узагальнення в процесі дослідження значення терміну «інтернет-страхування», аналізу та синтезу, змістовно-порівняльний, наукова абстракція, експертних оцінок, економіко-статистичний, аналогій та аналізу при визначенні та характеристики проблемних питань «інтернет-страхування».

Наукова новизна. Розглянуто визначення нового елементу організації діяльності страхових компаній – «інтернет-страхування» та віртуальний офіс. Розглянуто відмінності в роботі страхової компанії при он-лайн та оф-лайн страхуванні.

Практична значимість. У статті розглянуті функції страхових компаній, сформовано SWOT-таблицю сильних та слабких сторін «інтернет-страхування», розглянуті фактори, які треба усунути, для того, щоб підвищити рівень довіри серед клієнтів. Досліджено зміни кількості страхових компаній під час епідемії COVID-19 в Україні. Визначено функції віртуального офісу страхової компанії при «інтернет-страхуванні». Розглянута проблематика функціонування інтернет-страхування, сформовані чинники, що стримують розвиток Інтернет-страхування в Україні, а саме: низький рівень доходів страхувальників; незначна питома вага Інтернет-користувачів в порівнянні з провідними країнами світу; слабкі рівні фінансової грамотності населення та забезпечення електронних платіжних систем в Україні; недовіра до веб-сайтів і низький рівень страхової культури населення. Визначено переваги використання віртуального офісу та «інтернет-страхування» для клієнтів та самої страхової компанії, головним з яких економія часу для ознайомлення з послугами та підписання договору страхування а також зниження транзакційних витрат для страхової компанії за рахунок зменшення площі використовуваних офісних приміщень та кількості штатних працівників. Зазначено види послуг страхової компанії при яких використання «інтернет-страхування» неможливо. Сформовано маркетингові поради, щодо поліпшення функціонування інтернет-послуг страхової компанії.

Результати. У даній статті досліджено сутність категорії «інтернет-страхування» та його ролі у змінах фінансових технологій на ринку страхових послуг.

Ключові слова: інтернет, страхування, страхова компанія, страхові послуги, ринок страхових послуг, електронний поліс.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-64-70

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Зважаючи на постійні зміни в сучасних інформаційних технологіях, фінансовим посередникам, зокрема страховим компаніям, необхідно їх відстежувати для того щоб інтегрувати та пристосовувати свої страхові продукти, розширюючи канали продажу та свої доходи. Першими з фінансових посередників звернули увагу на можливості інтернет продажів банки. Тепер долучаються до можливостей сучасних технологій і страхові компанії. Їх цікавить можливість зменшення витрат, практично необмежена географія діяльності та диверсифікація ризиків. Для клієнтів зручними перевагами стане простота і комфорт в процесі укладання договору on-line. Більшої актуальності зазначені технології набули під час карантинних заходів COVID-19.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідження аспектів «інтернет-страхування» займалися так вчені як: В. Базилевич, О. Залетов, С. Міщенко, С. Науменкова О. Новак, Р. Пікус, Н. Приказюк, Н. Спіцина. Погоджуючись з наявністю численних та багатогранних досліджень у сфері «інтернет-страхування» слід зазначити необхідність їх доповнення та доопрацювання, у зв'язку з постійним інноваційними змінами в інтернет-технологіях [1-6].

Постановка задачі. Технологічні та інноваційні зміни на ринку фінансових послуг вимагають розгляду сутності, аналізу та ролі нових організаційних ланок в структурі сучасної страхової компанії як віртуальний офіс та «інтернет-страхування».

Викладення матеріалу та результати. В теперішніх умовах розвиток електронної економіки дає змогу страховим компаніям в Україні розвивати свої інтернет-послуги та задовольнити потреби клієнтів.

Практика продажу в Інтернеті не обходять стороною таку сферу діяльності, як страхування. За допомогою Інтернету, страхові компанії мають можливість розповсюджувати свої послуги та продукти, що дозволяє знизити вартість страхових послуг, залучити більше клієнтів та збільшити свою конкурентоспроможність [2].

На протязі епідемії COVID-19 (2019-2021 рр.) відбулися зміни динаміки кількості страхових компаній в Україні (рис 1).

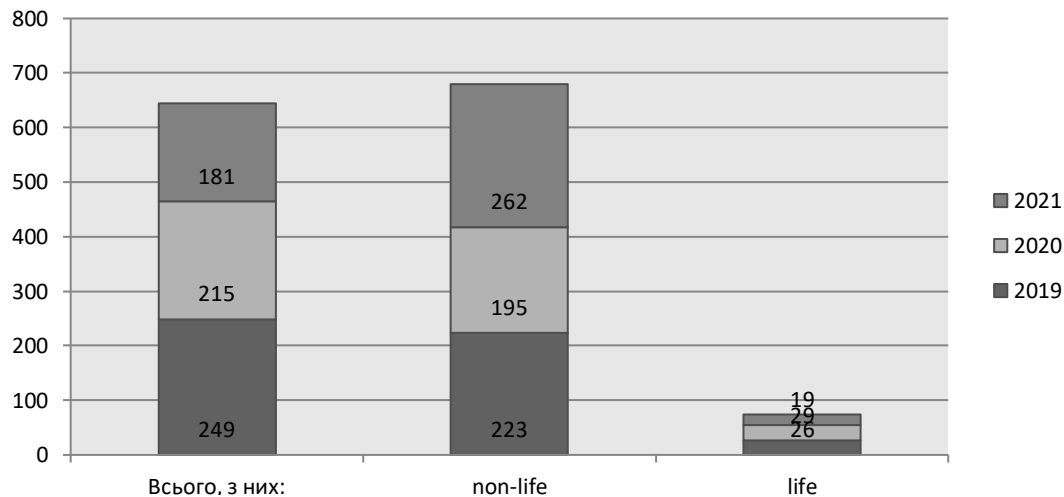


Рис. 1. Кількість страхових компаній в Україні [7]

За 2020-2021 роки зі страхового ринку вийшли 34 страхові компанії. Страховики здавали свої ліцензії за власною ініціативою, також були випадки, коли страховики не звітували до Національного банку, що говорить про наявність великих проблем в галузі.

Взагалі генезис терміну «Інтернет-страхування» досліджений наступними авторами (табл.1).

Таблиця 1

Визначення терміну «Інтернет-страхування» різними науковцями [4]

Автор	Визначення
Спіцина Н.М.[1]	Взаємодія інтересів між страховою компанією та споживачем, що виникає внаслідок продажу та обслуговування страхового продукту, вироблена за допомогою мережі-Інтернет
Науменкова С.В.[2]	Процес комунікації страхової компанії та її клієнтів, який включає у себе вибір страхових послуг, оформленні та купівлі страховки та отриманні страхових премій з використання мережі-Інтернет
Новак О. В.[3]	Комплекс взаємин страхової компанії і клієнта, що виникають у процесі продажу продукту страхування, його обслуговування і виплати страхового відшкодування при використанні технологій мережі Інтернет як найбільш зручного, швидкого та дешевого засобу обміну інформацією

Проаналізувавши твердження різних науковців, спробуємо вибрати найбільш влучне визначення «Інтернет-страхування». Отже, «Інтернет-страхування» – це комплекс взаємин страхової компанії та клієнта, в процесі продажу страхового продукту, супроводження укладеного страхового договору (його обслуговування та виплати страхового відшкодування), з використанням технологій мережі Інтернет.

За інформацією провідних компаній України «комплекс інтернет-страхування, як правило, включає розрахунок величини страхової премії та визначення умов її виплати, заповнення форми заяви на страхування, замовлення та безпосередньо оплата поліса страхування, здійснення періодичних виплат (розстроченої страхової премії), здійснення обслуговування договору страхування у період його дії, інформаційний обмін між Страховиком та Страхувальником (формування довільних звітів за запитом користувачів, у тому числі звітів про стан та історію змін договорів, надходжень та виплат), обмін інформацією між Страхувальником та Страховиком у разі настання страхової події тощо» [3].

Клієнту надається засобами інтернету зв'язок з онлайн-представництвом страхової компанії, яка виконує роль віртуального офісу страхової компанії. (рис. 2).

Завдяки Інтернету, ми можемо знайти швидко всю потрібну нам інформацію щодо страхові компанії, тарифи, відгуки про них та ін.

Тому страхові компанії завдяки Інтернет-маркетингу зменшують витрати на ведення бізнесу та підвищують як платоспроможність так і конкурентоспроможність [4].



Рис. 2. Функції віртуального офісу страхової компанії

Використовуючи елементи SWOT-аналізу сформовано слабкі та сильні сторони Інтернет – страхування (табл. 2).

Таблиця 2

SWOT-аналіз Інтернет-послуг страхових компаній [5]

Сильні сторони	Слабкі сторони
зручність для клієнтів; економія часу; підвищення страхової культури; зменшення впливу особистих факторів	відсутність стратегічного планування; великий обсяг інформації для її опрацювання; недостатня поінформованість клієнтів
Загрози	Перспективні можливості
посилення конкуренції; недовіра населення до страхових компаній; нестабільна політична ситуація в країні	тенденція розвитку страхового ринку; розширення спектру послуг страхової компанії; підвищення ефективності використання інформаційних технологій; створення можливостей самообслуговування

Таким чином, страховим компаніям слід звернути увагу на недостатню поінформованість клієнтів про можливість придбати поліси он-лайн, необхідність спростити продаж продуктів на власних сайтах та розширити перелік послуг.

Існують дві організаційні системи Інтернет-страхування, це он-лайн та оф-лайн страхування, які зображені на рис. 3.

Онлайн страхування дає змогу розрахуватися в Інтернеті, заповнити заявку, яку можна отримати через кур'єра або поштою та майже одразу отримати страховий поліс.

Оф-лайн страхування дає змогу дізнатися на сайті страхової компанії інформацію щодо послуг та продуктів, розрахувати розмір страхової премії.

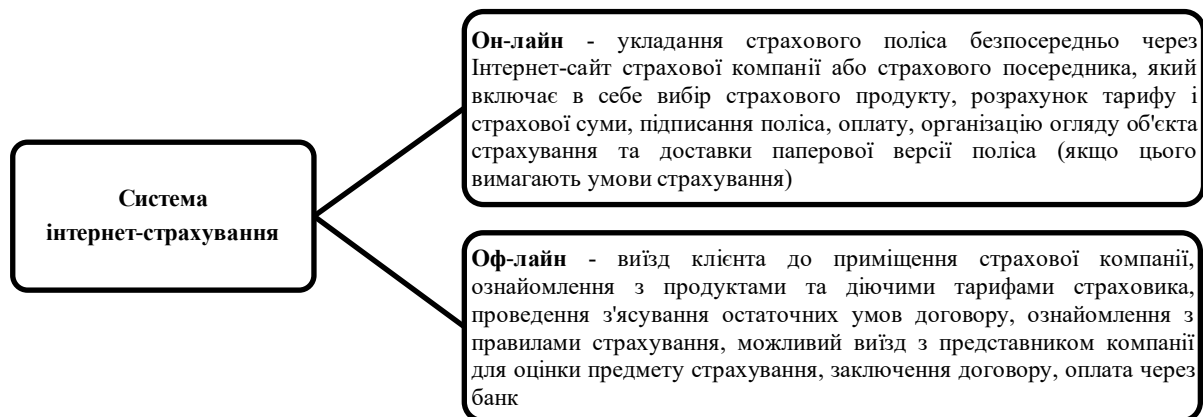


Рис. 3. Сучасне розгалуження каналів продажу в страхуванні

Як будь-який вид надання послуг, діяльність з інтернет-страхування має відповідні переваги та недоліки. Головними позитивними елементами для компанії є:

економічна вигода. Утримувати та обслуговувати віртуальний офіс набагато дешевше, з точки зору заощадження на оренді приміщення, комісійних винагородах тощо. Це впливає на зниження транзакційних витрат, у порівнянні з обслуговуванням клієнта у звичайному офісі;

збільшення кількості потенційних клієнтів. Рамки просування страхових послуг через інтернет визначаються не державними кордонами, а поширенням інтернету у світі;

фактична можливість цілодобового обслуговування страхувальників;

поліпшення іміджу страховика. При наявності у компанії функціонального та зручного віртуального офісу збільшується довіра клієнтів та підкреслюється серйозність і професіоналізм даної організації;

збільшення конкурентоспроможності. Пропонуючи свої послуги через Всесвітню мережу, компанії роблять їх більш доступними, зрозумілими та зручними для клієнтів [4].

Позитивні фактори для страхувальника:

економія власних коштів. На деякі послуги інтернет-страхування страховики надають знижки, заощаджуючи власні кошти на інтернет-торгівлі;

економія часу страхувальника. Для ознайомлення з послугами та тарифами страхування, клієнту не доведеться витрачати свій особистий час та їхати в офіс компанії. Йому достатньо зайшовши на сайт компанії ознайомитися з потрібною інформацією та придбати потрібний страховий поліс;

можливість порівняння послуг кількох компаній. На їх сайтах клієнт може отримати повну інформацію і порівняти її з пропозиціями страховиків конкурентів [5].

Звісно, з позитивними аспектами мають місце і певні проблеми:

страховик не може надавати через інтернет певні види послуг, наприклад, страхування корпоративних клієнтів, майнове страхування, де об'єкти страхування не можливо оцінити без огляду страховика (майнові комплекси, елітна нерухомість), для впевненості у дійсній вартості майна;

у багатьох громадян, зокрема на Україні, існує недовіра до страхових компаній, яка сформувалась за багатьма причинами. Громадяни, як правило, занепокоєні можливістю страхового інтернет-шахрайства, виявляють невпевненість у тому, що без їх участі страховик зможе гарантувати правильність укладання договору страхування та, доставку полісу до клієнта;

існують проблеми з електронно-цифровим підписом при яких страховику доводиться доставляти страховий поліс та договір страхування через кур'єра або поштою (додаткові витрати);

для того, щоб почати інтернет-страхування, потрібні великі капіталовкладення, тому ця сфера доступна тільки великим компаніям [6].

Для популяризації своєї діяльності та продажу власних продуктів страховики активно користуються сервісами Facebook, Instagram, Google+, YouTube, Telegram.

Зважаючи на показники статистики за 2021 р. мав місце різкий стрибок укладених електронних договорів в автотранспортному страхуванні, що проілюстровано на рис.4 [7].

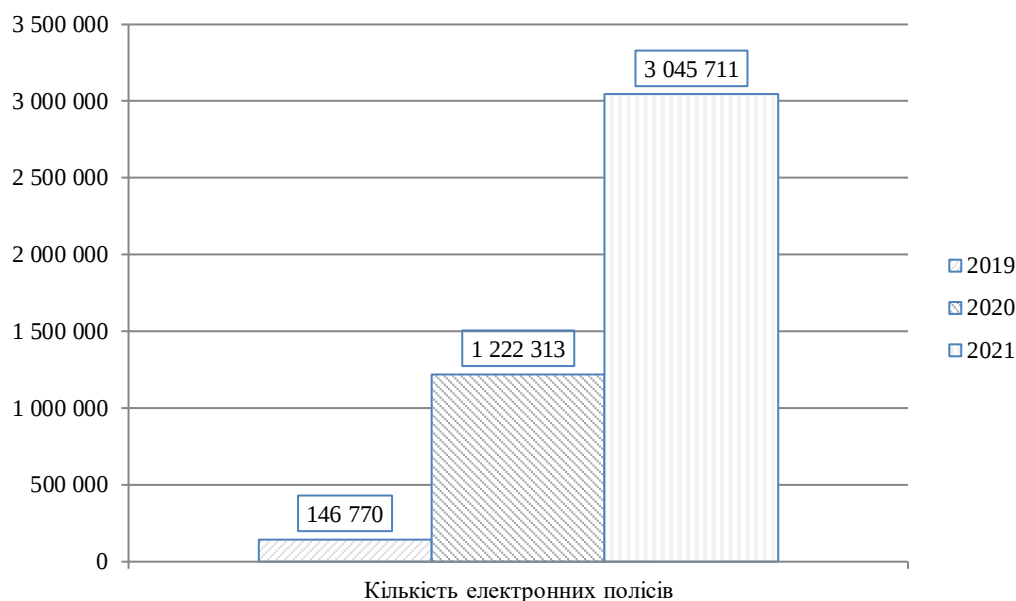


Рис. 4. Кількість електронних полісів автотранспортного страхування України [7]

Як вже зазначалося, для он-лайн продажів страховики розробляють стандартні та прості за змістом продукти, в основному для фізичних осіб, перелік яких наведено на рис. 5.

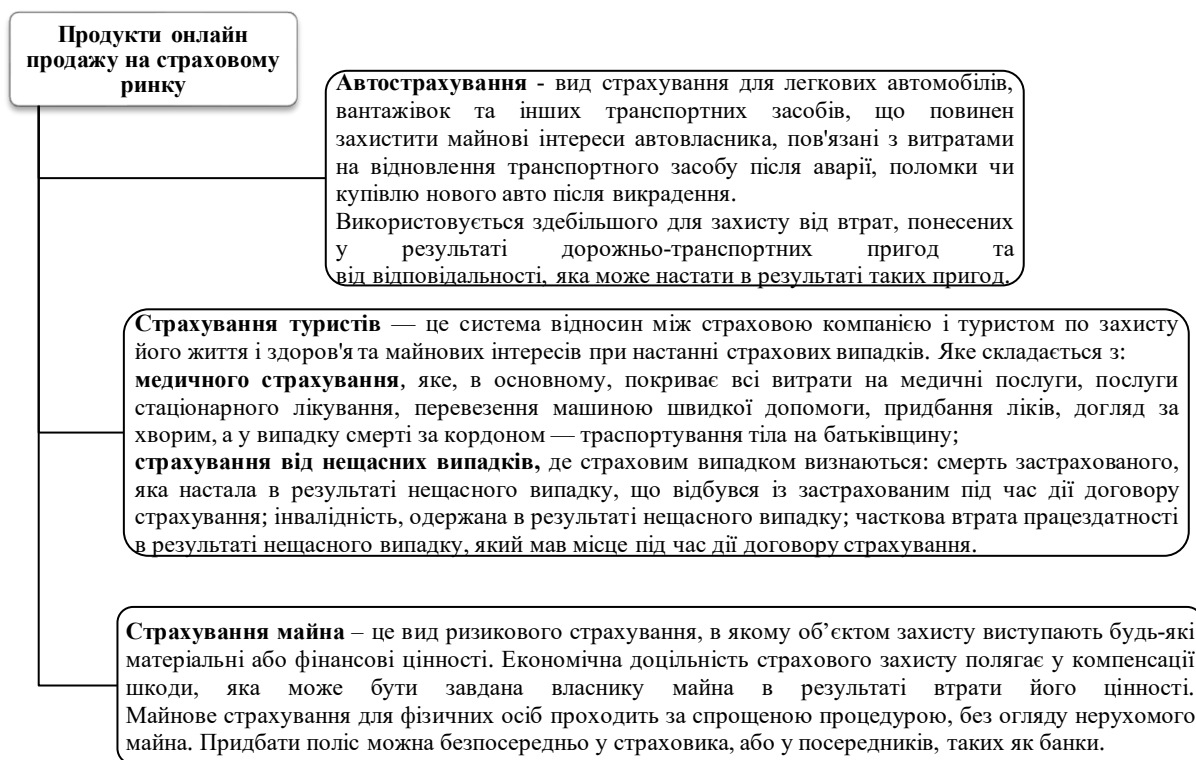


Рис 5. Перелік найпопулярніших у продажу страхових продуктів за 2019-2021 рр. [7]

Згідно досліджень проведених «Swiss Re, адміністративні витрати з укладання договору страхування каналами дистрибуції прямого збуту при безпосередньому контакті становлять до 19 дол. США на угоду, при використанні телефону – до 8 дол. США на угоду, за допомогою Інтернету – до 0,5 дол. США на угоду (або за іншими підрахунками вартість страхового продукту при придбанні за допомогою Інтернету знижується в середньому на 20-25%). Можна передбачити, що інноваційний метод продажу страхових полісів буде і в Україні набирати обороти до 70% щорічно, як вже котрий рік відбувається за кордоном, однак він потребує врегулю-

вання законодавства [3-5] щодо зазначення на допустимість використання ЕЦП при укладенні договорів страхування; освітлення статусу паперових копій електронних документів та порядку їх посвідчення» [8-9].

Незважаючи на зменшення кількості страховиків під час карантинних заходів COVID-19, запити на онлайн-сервіси страхування значно зросли, тому що клієнти просто боялися приїжджати до офісу страховика. Офіси страхових компаній продовжили працювати, хоча вже і не в повноцінному режимі.

Так, «за останні два-три роки страховий ринок України дуже просунувся в онлайн. Багато в чому цьому сприяв запуск електронного ОСЦВ. Сайти багатьох страхових компаній працюють у режимі вебмагазинів – продають страхові продукти онлайн або забезпечують їхню доставку. Кількість укладених в Україні договорів обов'язкового страхування цивільноправової відповідальності власників наземних транспортних засобів (ОСЦПВ) в електронній формі у січні-червні 2020 року склало понад 1,3 мільйона штук, що в 3,2 рази більше, ніж за аналогічний період минулого року. Крім того, є страхові агрегатори, на яких можна вибрати кращу пропозицію і також придбати страховку онлайн. З'явилося й багато онлайн-сервісів для врегулювання збитків, дистанційної оплати платежів тощо» [10].

Відповідно ті компанії, які зробили інвестиції в онлайн за останні роки, спромоглися під час кризи і після неї почати повноцінно працювати за всіма каналами збуту. Звісно, що впровадження якісних віртуальних офісів вимагало значних інвестицій, тому не всі українські страховики змогли їх собі дозволити.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Отже, Інтернет-страхування потребує більш детального правового регулювання аспектів його електронного документообігу, але незважаючи на це має значні переваги для страхувальника та страхової компанії. Для того, щоб покращити свій фінансовий стан, страховим компаніям потрібно більш підлаштовуватись до потреб клієнтів, впроваджувати інновації у свої продукти. Додатковим чинником розвитку українських страховиків може стати продаж продуктів/страхових полісів для покриття витрат з лікування COVID-19. Відповідні поліси можуть стати в перспективі обов'язковими для виїжджаючих за кордон і відповідно будуть користуватися попитом. Від держави необхідно впроваджувати інформаційні заходи підвищення страхової грамотності серед населення, збільшуючи рівень довіри до страхових компаній.

Список літератури

- 1.Спіцина Н.М. Переваги та недоліки Інтернет-страхування в Україні. URL: http://www.rusnauka.com/12_Economics/20665.doc.htm (дата звернення: 20.03.2022).
- 2.Ринок фінансових послуг : навч. посіб. / С.В. Науменкова, С.В. Міщенко та ін. Київ : Знання, 2010. 532 с.
- 3.Інтернет-страхування. Репозитарій ХНУ. URL: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/> (дата звернення: 20.03.2022)
- 4.Карпенко Н. В., Яловега Н. І. Комплекс маркетингових комунікацій у стратегічному управлінні маркетинговою діяльністю підприємства : монографія. Полтава : ПУЕТ, 2012. 278 с.
- 5.Інтернет-страхування. Навчальні матеріали он-лайн URL: <https://pidru4niki.com/11631018/finansi/internet-strahuvannya> (дата звернення: 20.03.2022)
6. В 2021 році укладено понад 3 млн. електронних договорів. Офіційний сайт МТСБУ URL: <http://www.mtsbu.ua/ua/presscenter/news/162805> (дата звернення: 20.03.2022)
- 7.Огляд сектору небанківських фінансових установ за результатами 2021 року. Офіційний сайт НБУ. URL: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/tendentsiyi-ta-novatsiyiregulyuvannya-finsanovogo-sektoru-v-ukrayini-seminardlya-vikladachiv-vzoukrayini-15-16-kvitnya-2021-roku> (дата звернення: 20.03.2022)
- 8.Гриньова К.М. Інтернет-страхування в Україні: правовий аспект. *Правовий тиждень*. № 29 (207), 2010 р. С. 11-19.
9. Yunatskyi M., Krachun K. Characteristics of methods of managing the financial stability of a commercial bank. 2nd International Conference on corporation management, May 19, 2022 Prague, Bratislava. URL: <https://conf.scnchub.com/index.php/ICCM/ICCM-2022/paper/view/372> (дата звернення: 20.05.2022).
10. Коронавірус vs бізнес: як карантин змінить ринок страхування. URL:- <https://mind.ua/openmind/20209198-koronavirus-vs-biznes-yak-karantin-zminit-rinok-strahuvannya>. (дата звернення: 10.05.2022)

А.О. ХРУЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, проф.,
А.С. ГРОМАДСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., В.А. ГРОМАДСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц.,
О.С. ЛІФЕНЦОВ, ст. викл.
Криворізький національний університет

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ СТЕНДІВ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Мета. Розробка методики формування лабораторних робіт з використанням віртуальних засобів навчання та стендів в освітніх середовищах для студентів-механіків.

Методи дослідження. У роботі використано аналіз та узагальнення досвіду відомих досліджень та розробок з впровадження віртуальних лабораторних практикумів у навчальний процес.

Наукова новизна. Розглянуто можливості застосування у навчальному процесі віртуальних лабораторних стендів, особливості їх реалізації, основні переваги та недоліки. Виокремлено наступні типи лабораторних робіт та відповідних віртуальних стендів, що можуть використовуватися у цих роботах: лабораторні роботи репродуктивного характеру, присвячені вивченню конструкцій вузлів обладнання, використовують тверdotільні моделі вузлів гірничих машин, розміщені на веб-сторінці з можливістю їх певного аналізу; лабораторні роботи частково пошукового характеру, які мають більший ухил у бік дослідження процесів, що протікають під час роботи гірничих машин, використовують імітаційні віртуальні стенди, що моделюють робочі процеси гірничих машин, що дозволяють здійснити експериментальну перевірку формул, методик розрахунку, встановлення та підтвердження закономірностей, встановлення властивостей речовин, спостереження розвитку явищ або процесів, визначення оптимальних параметрів робочих процесів за заданими вихідними даними тощо; лабораторні роботи пошукового характеру, що також використовують імітаційні віртуальні стенди, за допомогою яких здобувачі проводять дослідження та знаходять залежності між вхідними та вихідними параметрами модельованого процесу. Визначено можливі шляхи реалізації таких віртуальних стендів.

Практична значимість. Наведено загальну схему створення віртуальних лабораторних практикумів, згідно з якою об'єкти навчання (машини, що розглядаються у межах певної спеціальності) з точки зору навчання може бути представлені у вигляді опису конструкції, тверdotільної та математичної моделей. Ґрунтуючись на цих описах, тверdotільних та математичних моделях розробляються віртуальні лабораторні стенди, що можуть бути використані у лабораторних роботах під час вивчення різноманітних дисциплін. Розроблено послідовність підготовки лабораторних робіт з використанням віртуального стенду.

Результати. Розроблено методику формування віртуальних лабораторних практикумів для студентів-механіків. Досліджено засоби реалізації віртуальних лабораторних робіт репродуктивного, частково пошукового та пошукового характеру. У подальшому планується проведення досліджень щодо реалізації окремих віртуальних лабораторних стендів для інженерних дисциплін.

Ключові слова: лабораторні роботи, віртуальний лабораторний стенд, ефективність освітнього процесу, віртуальний тренажер, самостійне навчання, дистанційне навчання.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-70-76

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Поширення використання електронних засобів навчання у ЗВО України вимагає певної зміни форм реалізації навчально-методичного забезпечення навчального процесу при підготовці інженерів-механіків, особливо при дистанційній формі навчання, що останнім часом стала домінуючою.

Принциповою відмінністю нового підходу до отримання освіти є суттєве збільшення обсягів самостійного навчання здобувачів, висока варіативність процесу, що визначається вимогами тих чи інших роботодавців, його різноманітність, яка дозволяє розвивати індивідуальні здібності здобувачів та формувати творчу, активну особистість.

Слід відмітити нагальну необхідність забезпечення наступності навчання на трьох рівнях освіти. Так на першому (бакалаврському) рівні здійснюється підготовка для сприйняття базових інженерних умінь та навичок, на другому (магістерському) рівні розширюються інженерні знання та додаються науково-дослідницькі компоненти і на третьому (доктор філософії) рівні вищої освіти основний упор робиться на наукові дослідження.

Аналіз досліджень і публікацій. Як відомо з [2, 4, 5], основними задачами виконання здобувачами лабораторних робіт є:

систематизація, поглиблення, узагальнення та закріплення отриманих теоретичних знань з дисциплін;

формування умінь застосовування набутих теоретичних знань на практиці;

реалізація єдності інтелектуальної та практичної діяльності;
розвиток аналітичних, проектувальних, конструкторських та інших інтелектуальних умінь;
розвиток самостійності, відповідальності, точності, творчої ініціативи.

Основними дидактичними цілями лабораторних робіт є експериментальне підтвердження та перевірка розглянутих теоретичних положень (законів, залежностей) та формування практичних професійних умінь: таких, як виконання певних дій, операцій, необхідних в подальшому у професійній діяльності або таких, як розв'язання завдань (з вищої математики, теоретичної механіки, опору матеріалів тощо), необхідних у подальшій навчальній діяльності. Поряд із формуванням умінь і навичок у процесі виконання лабораторних робіт узагальнюються, систематизуються, поглиблюються та конкретизуються теоретичні знання, виробляється здатність та готовність використовувати теоретичні знання на практиці, розвиваються інтелектуальні вміння. Разом з основною дидактичною метою у ході виконання завдань у здобувачів формуються практичні вміння та навички поводження з різними приладами, установками, лабораторним обладнанням, апаратурою, а також дослідницькі вміння (аналізувати, встановлювати залежності, робити висновки та узагальнення, самостійно проводити дослідження, оформляти результати).

Необхідними структурними елементами лабораторної роботи, крім самостійної діяльності здобувачів, є попередня перевірка їх теоретичної готовності до виконання завдань, а також аналіз та оцінка виконаних робіт та ступеня оволодіння здобувачами запланованими вміннями.

При застосуванні електронного навчання на лабораторних заняттях може використовуватися як фронтальна форма організації занять, коли усі здобувачі виконують одночасно одну й ту саму роботу, так й індивідуальна форма, при якій кожен здобувач виконує індивідуальне завдання.

У роботах [2, 3] запропоновано наступні принципи конструювання лабораторного практикуму:

- у практикумі повинні бути представлені усі види лабораторних робіт, до яких відносяться роботи зі спостереження та вивчення явищ, процесів, станів; одержання числових значень певних величин, дослідження причинно-наслідкових зв'язків, вивчення приладів;

- роботами практикуму або завданнями, що включені до цих робіт, повинні бути охоплені усі основні питання курсу;

- роботи практикуму мають бути тісно пов'язані з теоретичним курсом дисципліни, закріплювати та розвивати отримані раніше знання, тобто в основі лабораторного практикуму потрібно покласти сюжети, що розглядаються в теоретичній частині навчальної дисципліни;

- повинна бути передбачена можливість створення для кожного здобувача індивідуального змісту практикуму, тобто здобувач за необхідності може виконувати на одних і тих же лабораторних установках, в одній і тій самій логіці різні експериментальні завдання, при цьому оптимальним варіантом реалізації практикуму є такий варіант, коли усі лабораторні роботи будуть виконуватися з використанням конструктора та за інструкціями проблемно-програмованого характеру;

- до одного сюжету можуть бути написані альтернативні інструкції, в яких повністю або майже повністю співпадатимуть якісний і математичний опис процесу, особливості експериментальної установки, що дозволить забезпечити вирішення тих самих теоретичних завдань курсу даної дисципліни, у багатьох випадках зблизити рівень складності робіт, а відмінність цілей і завдань дасть можливість розвести практичну діяльність учнів під час виконання робіт і індивідуалізувати її;

- інструкції до робіт мають містити усю інформацію, необхідну для виконання експериментальних завдань, у той же час ці інструкції повинні складатися з незалежних блоків, які за необхідності можна було б виключати з них;

Як зазначають автори робіт [2, 3], незалежними блоками інструкцій можуть бути такі: тема роботи; мета роботи; ідея роботи; якісний опис процесу дослідження; математичний опис процесу дослідження; особливості експерименту та експериментальної установки; завдання щодо виконання роботи з формою звітності.

У статті [6] наведено цікавий досвід створення та впровадження лабораторних стендів у навчальний процес. Для моделювання лабораторії, обладнання та матеріалів автори використовують програмне забезпечення для 3D-моделювання з відкритим кодом. Потім вони створюють взаємодії та анімацію лабораторії в Unity 3D, що є кросплатформним 3D-движком. Під час

розробки таких додатків запрошуються фахівці, які мають знання в певній галузі та розробляються сценарії, за якими здобувачі будуть взаємодіяти з віртуальним обладнанням.

У статті [9] автори підкреслюють життєво важливу роль лабораторних занять у розвитку здобувачів. Окрім ознайомлення з основними поняттями і принципами, лабораторні роботи допомагають здобувачам розвинути фундаментальні професійні навички, такі як закріплення теоретичних знань, розв'язання проблем, ідентифікація несправностей тощо. Віртуальні лабораторії стають дуже популярними в інженерній та науковій освіті, оскільки використання реального лабораторного обладнання може бути обмеженим багатьма факторами, наприклад, вартістю обладнання, часом, необхідним для проходження стажування, та інфраструктурою.

У статтях [12, 16] автори роблять висновок, що віртуальна лабораторія виконана у вигляді мобільної гри, застосована у навчальному процесі і дає змогу підвищити вмотивованість здобувачів та покращити якість навчання.

У статті [7] наведено статистичні дані, що доводять позитивний результат впровадження у навчальний процес віртуальних лабораторій.

Загалом багато світових ЗВО уже використовуює спеціалізовані платформи із віртуальними лабораторіями з різних галузей знань (див. наприклад [11, 15]). А на сторінці [13] наведено список популярних сайтів, на яких розміщено добірки безкоштовних віртуальних лабораторних стендів, згрупованих за різними галузями науки.

Постановка задачі. Метою статті є розробка методики формування лабораторних робіт з використанням віртуальних засобів навчання та стендів в освітніх середовищах для студентів-механіків.

Викладення матеріалу та результати досліджень. При плануванні лабораторних робіт необхідно знаходити оптимальне співвідношення репродуктивних, частково пошукових та пошукових робіт, щоби забезпечити високий рівень інтелектуальної діяльності. Спираючись на результати проведеного аналізу та матеріал, наведений у [2-5], освітні елементи, які можуть бути застосовані залежно від рівня навчання, можна поділити наступним чином:

на першому (бакалаврському) рівні, де здійснюється підготовка до сприйняття базових інженерних умінь та навичок, використовуються лабораторні роботи репродуктивного характеру, присвячені в основному вивченню конструкцій вузлів гірничого обладнання. При цьому здобувачі користуються докладними інструкціями, в яких зазначаються мета роботи, надаються пояснення (теорію, основні характеристики), описуються обладнання, апаратура, матеріали та їх характеристики, приводяться порядок виконання роботи, таблиці, висновки (без формулювання), контрольні питання, навчальна та спеціальна література;

на другому (магістерському) рівні, на якому розширюються інженерні знання та додаються науково-дослідницькі елементи, використовуються лабораторні роботи частково пошукового характеру, які мають більший ухил у бік дослідження процесів, що протікають під час роботи гірничих машин. При цьому здобувачі не користуються докладними інструкціями, їм не надається порядок виконання необхідних дій. Від них вимагається самостійний підбір параметрів чи обладнання, вибір способів виконання роботи за допомогою інструктивної та довідкової літератури;

на третьому (доктор філософії) рівні вищої освіти, де основний упор робиться на наукові дослідження, використовуються лабораторні роботи пошукового характеру, що представляють собою мініатюрні наукові дослідження, під час яких здобувачі повинні вирішити нову проблему, спираючись на наявні теоретичні знання.

Наведений поділ є дещо умовним, оскільки перелічені типи лабораторних робіт можуть використовуватися на усіх рівнях навчання.

Додатково у ході віртуальних лабораторних робіт передбачається можливість застосування допоміжних онлайн CAD засобів таких, як, наприклад, SmartDraw (рис. 1) [14], що дозволяють будувати схеми, графіки тощо. Такі засоби можуть значно підвищити якість підготовки звітів з лабораторних робіт.

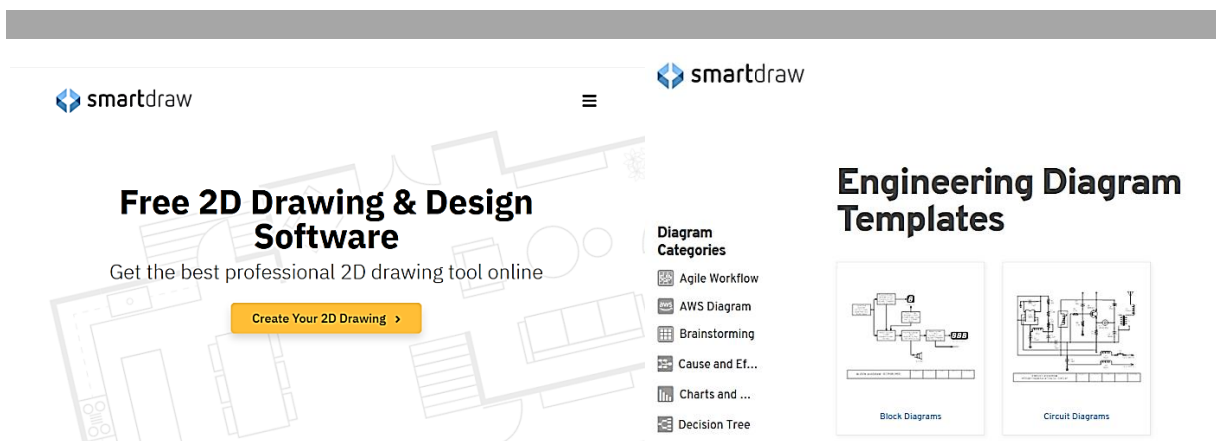


Рис. 1. Онлайн CAD середовище SmartDraw [14]

Розглянемо можливу реалізацію віртуальних лабораторних робіт репродуктивного, частково пошукового та пошукового характерів.

Вивчення конструкцій вузлів гірничих машин в онлайн режимі (лабораторні роботи репродуктивного характеру) пов'язано із розміщенням твердотільних моделей вузлів гірничих машин на веб-сторінці з можливістю їх певного аналізу. Така можливість реалізована у додатку eDrawings [8], що дозволяє віртуалізувати твердотільні моделі та створювати веб-інтерфейс для їх перегляду і аналізу у браузері (рис. 2). Цей інтерфейс дозволяє аналізувати конструкцію як усього вузла, так і його окремих деталей, проводити їх вимірювання, розкласти/складати вузол тощо.

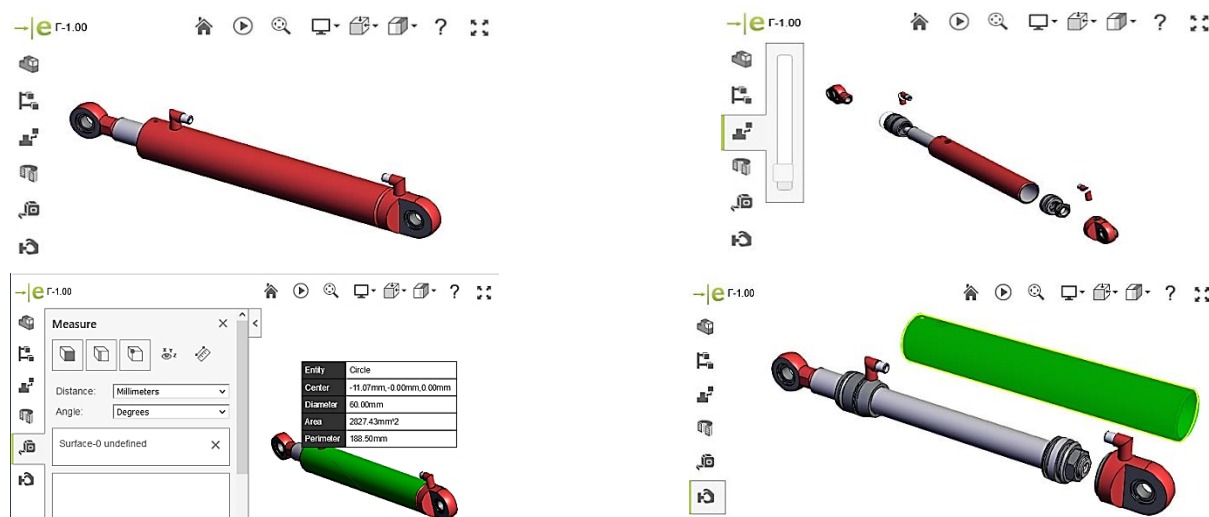


Рис. 2. Веб-інтерфейс eDrawing для роботи з твердотільними моделями у браузері

Такі віртуальні твердотільні моделі вузлів можуть бути використані під час вивчення освітніх компонентів, пов'язаних як з ознайомленням з особливостями конструкції, так і з організацією процесів виготовлення, експлуатації та утилізації гірничих машин.

Наступний вид стендів - це імітаційні стенди, що моделюють робочі процеси гірничих машин (лабораторні роботи частково пошукового характеру). Змістом таких лабораторних робіт можуть бути експериментальна перевірка формул, методик розрахунку, встановлення та підтвердження закономірностей, ознайомлення з методиками проведення експериментів, встановлення властивостей речовин, їх якісних та кількісних характеристик, спостереження розвитку явищ або процесів, визначення оптимальних параметрів робочих процесів за заданими вихідними даними тощо. Прикладом може бути лабораторна робота, в якій потрібно підібрати тиск у технологічному трубопроводі. Тиск змінюється за допомогою рукоятки керування. Для контролю за тиском встановлено манометри. При досягненні мінімального або максимального тиску запалюються відповідні індикаторні лампочки сигнального табло (рис. 3). Інший приклад – симулятор роботи гідравлічної мережі (рис. 4) [10], де потрібно отримати певні параметри руху виконавчого обладнання, такого як гідроциліндри або гідродвигуни, задаючись характеристиками насосів та інших елементів гідравлічної мережі.

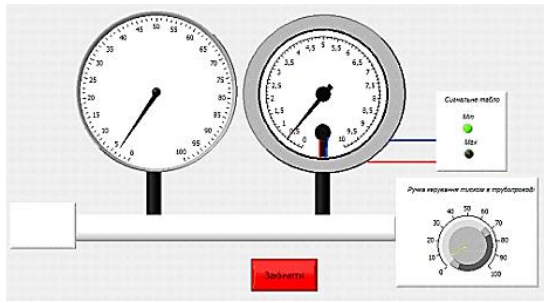


Рис. 3. Зовнішній вид макета лабораторного стенда [3]

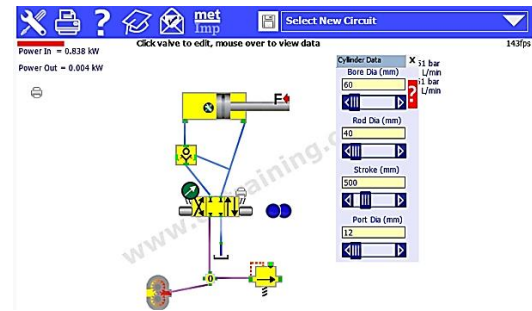


Рис. 4. Онлайн симулятор гідравлічної мережі [10]

Лабораторні роботи пошукового характеру використовують лабораторні стенди для визначення невідомих залежностей. Здобувач повинен знайти залежність між вхідними та вихідними параметрами процесу, при цьому визначення характеру залежності, планування експерименту та обробка експериментальних даних здійснюється здобувачем самостійно. В якості прикладу можна навести віртуальний стенд з математичними лінійними та нелінійними моделями (рис. 5) [1].



Рис. 5. Віртуальний лабораторний стенд до лабораторної роботи з дисципліни «Методи планування та проведення наукових досліджень гірничого устаткування» [1]

Головними питаннями створення віртуальних стендів для пошукових лабораторних робіт є розробка математичної моделі досліджуваного процесу та її програмна реалізація у вигляді віртуального стенду.

Якщо для створення математичних моделей робочих процесів гірничих машин достатньо інформації у літературних джерелах, то якісна програмна реалізація такої моделі, як віртуальний стенд, потребує значно більших зусиль. Фактично такий стенд може працювати як тест з потужними візуальними компонентами або як комп'ютерна гра.

Загальну схему створення віртуальних лабораторних практикумів можна представити у наступному вигляді (рис. 6). При навчанні здобувачів за певною спеціальністю розглядається низка машин (об'єктів навчання). Кожен з таких об'єктів з точки зору навчання може бути представлений у вигляді опису конструкції, твердотільної та математичної моделей. Базуючись на опису твердотільних та математичних моделей можна розробляти віртуальні лабораторні стенди, що можуть бути використані у лабораторних роботах під час вивчення різноманітних дисциплін.

На рис. 7 наведено блок-схему підготовки лабораторної роботи з використанням віртуального стенду.

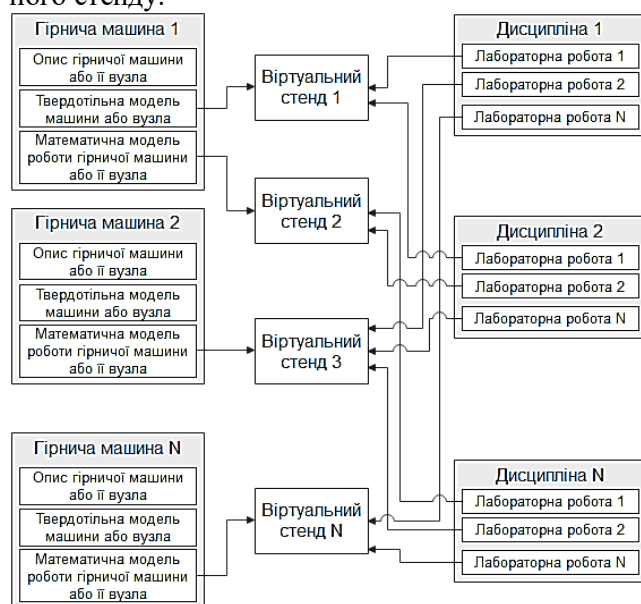


Рис. 6. Схема використання віртуальних стендів у навчальному процесі

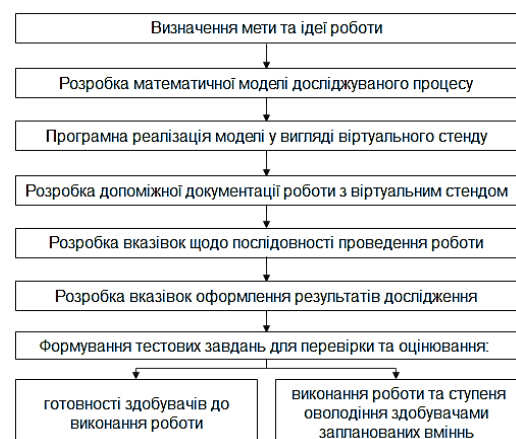


Рис. 7. Блок-схема підготовки лабораторної роботи з використанням віртуального стенду

Слід відзначити два можливих шляхи реалізації віртуального стенду:
за допомогою спеціальних додатків з розробки курсів дистанційного навчання, а саме: Adobe Captivate, Articulate Storyline, iSpring та ін.;

у вигляді окремих додатків, розроблених на основі мов програмування на мовах HTML5, CSS, Python, PHP, Unity тощо.

У першому випадку для розробників знання мов програмування не потрібні. Фактично робота у таких потужних середовищах спрямована здебільшого на розробку сценаріїв дій здобувачів. Але інструментарій для цього дещо обмежений можливостями самого середовища. В якості прикладу віртуального стенду, розробленого у подібному середовищі, можна навести стенд, зображений на рис. 5.

З іншого боку, створення віртуальних стендів у вигляді окремих додатків за допомогою мов програмування має необмежений інструментарій, хоча і є більш складним процесом.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Розроблено методику формування віртуальних лабораторних практикумів для студентів-механіків. Досліджено засоби реалізації віртуальних лабораторних робіт репродуктивного, частково пошукового та пошукового характеру.

У подальшому планується проведення досліджень щодо реалізації окремих віртуальних лабораторних стендів для інженерних дисциплін.

Список літератури

1. **Горбачов Ю.Г.** Дослідження шляхів реалізації віртуального лабораторного практикуму при підготовці фахівців з галузевого машинобудування / А.О. Хруцький, В.А. Громадський, Вік.А. Громадський, Ю.І. Чумак // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2021. – Вип. 53. – С. 90–96
2. Положення про організацію освітнього процесу в Криворізькому національному університеті.-Кривий Ріг: КНУ, 2020.-66 с.
3. **Прудка О.В.** Розробка віртуальних стендів на базі NI LabView для використання у дистанційному навчанні // «Штучний інтелект», 2008 .-№4.-С.493-499
4. **Скаткин М.Н.** Проблемы современной дидактики. -М.: Педагогика., 1980.— 96 с.
5. **Унт И.Э.** Индивидуализация и дифференциация обучения. -М.: Педагогика, 1990.-192 с.
6. **Adeleke Oyeibisi.** How I built a virtual lab for schools. URL: <https://www.britishcouncil.org/voices-magazine/virtual-lab-schools>
7. **Asma Abdulrahman Nami Alshaikh.** The Reality of Using Virtual Labs in Teaching Advanced Biology Curricula in Developing Higher-Order Thinking Skills (HOTS) among Female Teachers at Secondary Level in Al-Kharj // Education Research International , July 2022
8. eDrawings Help. URL: https://help.solidworks.com/2019/english/eDrawings/c_welcome_to_edrawings_help.htm
9. **Genisson Silva Coutinho, Luis F. Morán-Mirabal.** Virtual Laboratories and their Contribution to the Future of Education. October 24, 2022 By URL: <https://observatory.tec.mx/edu-bits-2/virtual-labs-contribution-to-the-future-of-education/>
10. Hydraulic circuit simulator. URL: <https://www.e4training.com/simulate/simulate1.php>
11. Labster. Virtual science simulations. URL: <https://www.labster.com/>
12. **Pramono S.E., Prajanti S.D.W, Wandah Wibawanto.** Virtual Laboratory for Elementary Students // Journal of Physics Conference Series November, 2019.- 1387(1):012113
13. Secondary Science Virtual Labs. URL: <https://sciencelessonsthatrock.com/secondary-science-virtual-labs-html/>
14. Smartdraw. URL: <https://www.smartdraw.com/cad/2d-drawing-software.htm>
15. Virtual Labs. URL: <https://www.vlab.co.in>
16. Virtual laboratory based game learning: how to develop the game for science learning? // Suyanta, Insih Wiludjeng, Jumadi, Anggi Ristiyana Puspita Sari, Sri Rejeki Dwi Astuti. Conference: 8th International Conference on Educational Research and Innovation, July 2021

УДК: 622.03:628.511:614.838.12:622:349.5

А.О. ГУРІН, д-р техн. наук, проф., В.А. ШАПОВАЛОВ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ФЕНОМЕНУ ПРИРОДНОГО БІШОФІТУ В ГАЛУЗІ ЕКОЛОГІЇ ТА ГІРНИЧОРУДНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Мета. Оцінка технологій та технічних засобів для використання феномену водного розчину природного бішофіту (РПБ) в галузі екології та гірничорудній промисловості з урахуванням застосування РПБ при вибухових роботах, для попередження змерзання гірської маси у вагонах і ожеледиці на автошляхах у кар'єрах, для боротьби з виділенням пилу при транспортуванні гірської маси залізничним транспортом, при масових вибухах у кар'єрах, на кар'єрних автошляхах і на хвостосховищах.

Методи дослідження. Під час вивчення, систематизації та узагальнення технологій і технічних засобів використання РПБ використано аналіз досліджень і публікацій, результати промислових та експериментальних досліджень на полігонах за стандартними та новими методиками за участю авторів та провідних фахівців у цій галузі.

Наукова новизна. Наведено основні наукові, практичні та соціальні результати оцінки технологій та технічних засобів для використання феномену водного розчину природного бішофіту (РПБ) в галузі екології та гірничорудній промисловості.

Практична значимість. Розроблено та впроваджено технологію запобігання зимової слизькості на кар'єрних автомобільних шляхах з використанням РПБ. Наведено рекомендації щодо боротьби з виділенням пилу при транспортуванні гірської маси залізничним транспортом, при масових вибухах у кар'єрах, на кар'єрних автошляхах і на хвостосховищах ГЗК, із застосуванням РПБ та бітумної емульсії, що дозволяють ефективно закріплювати пилові поверхні від здування пилу.

Результати. При використанні РПБ замість води при вибухових роботах у кар'єрах зменшуються витрати ВР у 1,4-1,5 рази та знижуються викиди шкідливих газів під час вибухів на 20-30%. На підземних гірничих роботах при заміні води на РПБ для зволоження гранул ВР знижуються виділення газів при масовому вибуху у шахті в 1,3-1,4 рази. Для запобігання змерзання або примерзання гірської маси до внутрішньої поверхні відкритих вагонів при транспортуванні на морозі, здійснюється профілактична обробка внутрішньої поверхні залізничних вагонів РПБ. Для попередження ожеледиці на автошляхах у кар'єрах здійснюється попередня їх обробка РПБ.

Ключові слова: розчин природного бішофіту, вибухові роботи, змерзання гірської маси, слизькість кар'єрних автошляхів, транспортування гірської маси, виділення пилу, хвостосховище, екологія.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-76-82

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Мінерал бішофіт ($MgCl_2$) широко використовується у народному господарстві, медицині, косметології, екології тощо. До складу бішофіту входять солі натрію, кальцію, калію, бромю та ін. Найбільш чисті поклади бішофіту (93-96%) в Україні знаходяться в Полтавській та Чернігівській областях, а в Російській Федерації у Волгоградській області, де вони знаходяться на великій глибині у вигляді твердих пластів завтовшки до 30 м [1]. В Україні використовується переважно водний розчин природного бішофіту (РПБ) ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) Полтавського родовища (табл. 1) [2].

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості розчину природного бішофіту

Найменування показників	Норма
Зовнішній вигляд	Водна безбарвна рідина, масляниста на дотик, без запаху (допускається кольоровість до світло-коричневого кольору з каламуттю)
Густина при 20 °С, кг/м ³	Не менше 1250
Загальна мінералізація, кг/м ³	Не менше 320
Клас небезпеки	Четвертий
Розчинність у воді	Добре розчиняється у воді. Розчин має велику гігроскопічність.
Токсичність	Не токсичний
Агресивність	Не агресивний
Горючість	Не горючий
Вибухонебезпечність	Вибухобезпечний
Масова частка, %: іонів магнію Mg^{+2} хлористого магнію $MgCl_2$ хлористого натрію $NaCl$ сульфат іонів SO_4^{2-} хлористого кальцію нерозчинність у воді осаду	не менше 7 не менше 24 не більше 5 не більше 1 не більше 0,5 не більше 0,2
Температура замерзання	мінус 35 °С

Бішофіт використовується для лікування артритів, артрозів, ревматизму, радикуліту, аритмії, гіпертонії, атеросклерозу, ішемічної хвороби, неврозів, стресів, жовчно-кам'яної хвороби тощо. Бішофіт як бальнеологічний засіб застосовується у вигляді компресів, втирання, місцевих та загальних ванн [3]. Широке застосування бішофіт знайшов у косметології, де він використовується у різних формах: гелі для масажу; назальні спреї; зубні пасти та ополіскувачі для ротової порожнини; олія для волосся - бішофіт магній; інші косметичні засоби.

Аналіз досліджень і публікацій. Бішофіт унікальний природний засіб, який широко використовується в різних галузях народного господарства.

Використання РПБ у будівництві. Бішофіт використовується при виробництві ксилаліту для наливної підлоги, плиток. Також бішофіт застосовується для виробництва скломагнісвих листів. РПБ також використовується як засіб боротьби з ожеледицею. Він швидко розплавляє крижаний шар на поверхнях автошляхів, дахах будівель та інших спорудах.

Використання РПБ у сільському господарстві. Бішофіт застосовується для підживлення, в першу чергу, культур, що мають велику зелену біомасу: кукурудза, цукровий буряк, соя, сарго, картопля тощо. Для підвищення родючості насіння, їх стійкості до хвороб і шкідників, а також врожайності, застосовується передпосівна обробка зернових культур бішофітом. Обприскування розчином бішофіту садових дерев і чагарників проводиться навесні до розкриття бруньок.

Використання РПБ у тваринництві, ефективність добавок до корму бішофіту, забезпечує приріст живої маси для телят на 15 – 17% та молодяку свиней на 16,5%.

Використання РПБ у боротьбі з бур'янами. Амброзія - це алерген, який здатний призвести до летальних наслідків, тому вона внесена до списку карантинних об'єктів. Амброзія дуже плодита. Один кущ амброзії дає за сезон від 30 до 150 тис. насіння, родючість якого зберігається протягом 40 років. Короткий аналіз відомих способів боротьби з амброзією свідчить про те, що вони можуть використовуватися в обмежених умовах, недостатньо ефективні і не економічні. Розроблено та випробувано у промислових умовах спосіб боротьби з бур'янами, заснований на застосуванні водного РПБ [12]. Обробку листя амброзії РПБ можна проводити на будь-якій стадії розвитку від сходів до цвітіння в суху погоду. У період цвітіння обробляти не доцільно через появу пилку і зростання насіння. РПБ, що має четвертий клас небезпеки, і використовується в медицині як лікувальний засіб, може застосовуватися для боротьби з амброзією на територіях міст, курортів, біля доріг, навколо полів тощо.

Вивчення та узагальнення досліджень, в яких розглядаються питання використання водного розчину природного бішофіту в галузі екології та гірничорудній промисловості свідчать про те, що наразі відсутній системний підхід до їх узагальнення. Отже, метою роботи є оцінка технологій та технічних засобів для використання феномену водного РПБ в галузі екології та гірничорудній промисловості з урахуванням застосування РПБ при вибухових роботах, для попередження змерзання гірської маси у вагонах і ожеледиці на автошляхах у кар'єрах, для боротьби з виділенням пилу при транспортуванні гірської маси залізничним транспортом, при масових вибухах у кар'єрах, на кар'єрних автошляхах і на хвостосховищах.

Постановка завдання. Для досягнення поставленої мети авторами вирішено такі завдання: провести аналіз та оцінку використання феномену водного РПБ у галузі екології та гірничорудній промисловості;

рекомендувати технології та засоби застосування РПБ при вибухових роботах, для попередження змерзання гірської маси у відкритих вагонах на морозі, для попередження ожеледиці на автошляхах у кар'єрах, для боротьби з виділенням пилу при транспортуванні гірської маси залізничним транспортом, при масових вибухах у кар'єрах, на кар'єрних автошляхах і на хвостосховищах, які дозволяють ефективно закріплювати пилові поверхні від здування пилу.

Викладення матеріалу та результати. Основні наукові та практичні результати технологій та технічних засобів використання водного РПБ найбільш повно наведені у роботах за участю авторів [3-5].

Використання РПБ під час вибухових робіт. Відомо, що більшість свердловин, які підривають в кар'єрах обводнені, тому їх зарядження сипучими вибуховими речовинами (ВР), типу грамоніт 79/21, виконують у поліетиленових рукавах. Але вода перетискає рукав. Тому в таких місцях утворюються пробки з ВР. Вода розчиняє аміачну селітру, що призводить до зменшення кількості ВР і порушення її кисневого балансу та підвищення вмісту газів під час вибуху. Авто-

рами запропоновано замінити воду, що подається для ліквідації пробки, розчином природного бішофіту щільністю понад 1250 кг/м^3 , який не розчиняє аміачну селітру та має вартість на порядок нижчу, ніж грамоніт 79/21 [6]. Це дозволяє зменшити витрати ВР у 1,4 – 1,5 рази та знизити викиди шкідливих газів під час вибухів на 20 – 30%.

При пневмозарядженні свердловин у підземних умовах для попередження передчасного вибуху від розряду статичної електрики нормативним документом передбачається зволоження граманіту 79/21 водою з витратою 3 – 5%. Проведені промислові дослідження із заміни води бішофітом показали, що виділення газів при масовому вибуху у шахті зменшуються у 1,3 – 1,4 рази. Крім того, водний розчин природного бішофіту повністю виключає накопичення електростатичної електрики при терті гранул ВР об поверхню зарядного шланга, через його високу струмопровідну здатність [7].

Використання РПБ для попередження змерзання гірської маси. При транспортуванні залізних і марганцевих руд у зимовий період року на морозі відбувається примерзання гірської маси до внутрішньої поверхні відкритих залізничних вагонів та її змерзання. Головна причина замерзання гірської маси – її вологість. В таких випадках, для видалення гірської маси застосовують механічні чи профілактичні способи очищення вагонів, що призводить до тривалого простою залізничних потягів та значних витрат коштів. Для відновлення сипкості змерзлих вантажів застосовують різні способи та засоби (табл. 2) [8].

Таблиця 2

Характеристика способів та засобів відновлення сипкості змерзлих вантажів

Назва способів та засобів	Мінімальна температура замерзання, °С	Середні витрати, кг/т	Вартість, грн./т
Механічне дроблення вантажу	люба	-	15,0 – 20,0
Термічна обробка вантажу	люба	-	7,0 – 12,0
Зневоднення вантажу негашеним вапном	мінус 30	60 – 65	8,0 – 14,0
Розморожування вантажу у тепляках	люба	-	1,5 – 9,0
Водний розчин хлористого кальцію	мінус 25	0,2 – 0,4	0,7 – 0,8
Профілактична обробка ніогрином	мінус 35	0,5 – 0,6	0,6 – 0,8
Профілактична обробка североном	мінус 55	0,5 – 0,6	0,8 – 1,0
Профілактична обробка сировою нафтою	мінус 15	0,8 – 1,0	0,5 – 0,6
Профілактична обробка РПБ	мінус 30	0,2 – 0,4	0,15 – 0,2

З табл. 2 видно, що найбільш економічним способом є профілактична обробка внутрішньої поверхні залізничних вагонів РПБ, що застосовується на гірничодобувних підприємствах понад 25 років. Крім того, порівняно з сировою нафтою або нафтопродуктами бішофіт безпечний. Вагони, оброблені нафтопродуктами, під час ремонту часто спалахують. Щорічно, для запобігання примерзанню руд, на гірничодобувні підприємства завозять 3,0 – 5,0 тис. тон бішофіту залежно від кліматичних умов. РПБ завозять в залізничних цистернах, які найчастіше використовуються для транспортування нафтопродуктів. У таких цистернах зазвичай накопичується шар нафти. РПБ очищає цистерни і набуває запаху нафтопродуктів, що виключає його крадіжку.

Використання РПБ для боротьби з виділенням пилу проводиться при транспортуванні гірської маси залізничним транспортом у відкритих вагонах, при масових вибухах у кар'єрах, на кар'єрних автошляхах і на хвостосховищах ГЗК.

Тривалість перевезення гірської маси від гірничих підприємств до металургійних комбінатів, що знаходяться в Україні та за кордоном, знаходиться у межах від 6 до 96 годин, при цьому швидкість руху поїзда може перевищувати 20 м/с. При такій швидкості всередині вагону виникають внутрішні вихрові потоки, які здувають пил з поверхні руд.

Дослідження показали [9], що концентрація пилу в повітрі поблизу залізничних колій, при швидкості руху поїзда понад 20 м/с, перевищує допустимі норми запиленості у 6 – 8 разів. Для зменшення здування пилу і зниження його концентрації в повітрі поблизу залізничних колій до $2,0 \text{ мг/м}^3$, запропоновано змочувати поверхню руди у відкритому вагоні РПБ з наступною витратою, в залежності від швидкості руху поїзда (табл. 3).

Таблиця 3

Витрати РПБ в залежності від швидкості руху поїзда

Швидкість руху поїзда, м/с	до 7,0	7,0 – 15,0	15,0 – 20,0	більше 20,0
Витрати РПБ, кг/м ²	0,5	1,0	1,5	2,0

Поверхня, оброблена водою, швидко висихає, кількість пилу, що здувається, зростає і через 3-4 доби сягає величини 200 г/м^2 , що відповідає сухому пилу (рис. 1 графік 1).

Кількість пилу, що здувається з поверхні руди, обробленої бішофітом залишається стабільною ($5-12 \text{ г/м}^2$) упродовж семи днів, після чого починає помітно зростати (рис. 1 графік 2). Це пояснюється частковим випаруванням бішофіту.

При масових вибухах у кар'єрах в атмосферу викидається велика кількість дрібнодисперсного пилу, концентрація якого у пилогазовій хмарі перевищує допустимі норми в сотні разів [10]. Одним із основних джерел виділення пилу є буровий пил, що знаходиться біля свердловини в радіусі 2,5-3,0 м, і при масовому вибуху здувається газами вибухових речовин, забруднюючи атмосферу. Для зменшення виділення пилу, пропонується поверхню бурового пилу змочувати РПБ щільністю $1250-1270 \text{ кг/м}^3$ та витратою $4,5-5,0 \text{ л/м}^2$. Завдяки своїй маслянистій структурі і високій гігроскопічності бішофіт надійно закріплює поверхню бурового пилу, запобігаючи забрудненню атмосфери.

Більше 70% видобутої залізорудної сировини в Кривому Розі (Україна) переробляється на п'яти гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК). Відходи збагачення (хвости) зберігаються на хвостосховищах, площа яких сягає 7000 га. Обсяги хвостів, які щорічно зберігаються на хвостосховищах становлять 30-40 млн. м^3 . Висота деяких хвостосховищ сягає 100 м, що сприяє дії вітрової ерозії і не дозволяє утримувати рівень води вище поверхні хвостів. Більшість відходів збагачення містить небезпечний для здоров'я пил з діаметром часток менше 50 $\mu\text{м}$ (до 90%). Такий пил при вдиханні призводить до захворювання на силікоз, бронхіт тощо. Для боротьби з виділенням пилу на хвостосховищах пропонуються різними авторами використовувати відходи нафтопереробки, латекси, полімери та інші матеріали, які створюють на поверхні хвостів тонку плівку. Проте, вони не знайшли широкого застосування через низьку механічну міцність плівки, токсичність, неможливість застосування взимку, велику вартість тощо.

Промислові дослідження на діючих хвостосховищах ПАТ «ПівнГЗК» та ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг» (ПАТ «АМКР») показали, що найбільш ефективною та економічно вигідною виявляється технологія закріплення поверхні діючих хвостосховищ РПБ (табл.4) [11].

Таблиця 4

Показники закріплення поверхні хвостосховищ РПБ									
№ карти	Температура повітря, $^{\circ}\text{C}$	Відносна вологість в ол повітря, %	Швидкість вітру, м/с	Час після обробки карт, доба	Вологість хвостів, %		Запиленість повітря, мг/м^3		Наявність опадів
					оброблено РПБ	контрольна карта	оброблено РПБ	контрольна карта	
1	-4,8	70	3-4	13	5,52	4,61	0,16	2,6	сніг
1	-3,0	75	5-7	27	6,97	0,96	0,3	116	без опадів
1	7,0	68	5,7-6,0	3	10,0	0,9	1,06	125	без опадів
9	14,2	82	6-7	11	-	-	0,8	26,0	без опадів
10	12,2	86	4-6	14	-	-	0,3	15,5	дощ
14	12,0	70	3,8-4,0	15	-	-	0,43	2,3	без опадів
15	8,0	84	5,4-6,0	16	11,3	1,6	1,13	6,0	короткочасний дощ
9	25,0	63	4,4-4,8	44	9,1	1,3	1,0	4,6	короткочасний дощ
10	25,0	63	4,4-4,8	43	6,53	1,3	0	4,6	короткочасний дощ
12	25,0	63	3,8-4,0	38	5,36	1,3	0,27	4,6	короткочасний дощ
13	25,0	63	4,0	29	4,0	1,3	0,27	4,6	короткочасний дощ
14	25,0	63	4,0	37	4,1	1,3	0,27	4,6	короткочасний дощ
15	25,0	63	4,0	30	8	1,3	-	4,6	короткочасний дощ
16	25,0	63	3,5-4,0	26	3,24	1,3	0,4	4,6	короткочасний дощ
9	26,0	60	2,5-3,0	75	8,8	0,15	0,26	4,5	сухо
10	26,0	60	2,5	74	6,0	0,15	0,44	4,5	сухо

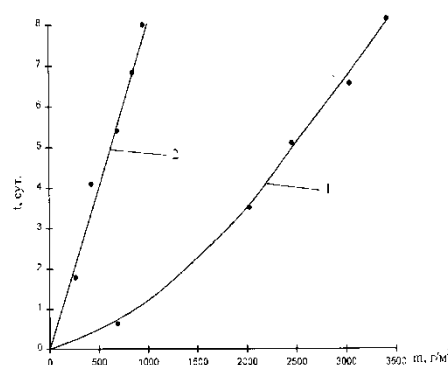


Рис. 1. Приріст кількості пилу, що здувається, в часі з поверхні руди у вагоні, обробленій водою (1) і бішофітом (2) при швидкості повітря $V = 12,5 \text{ м/с}$

Промислові дослідження ефективності запропонованої технології для закріплення сухих поверхонь хвостосховищ, показали зменшення запиленості повітря у 4,6-17 разів. Технологія закріплення поверхні діючих хвостосховищ РПБ, на відміну від інших технологій і засобів, може використовуватися протягом усього року і не передбачає спеціального обладнання.

РПБ на поверхні хвостосховищ наноситься гідромоніторами, змонтованими на базі автомобілів БелАЗ 7648 (рис. 2), які рухаючись дамбами, закріплюють поверхні хвостів (рис. 3).

Дальність дії струменя з урахуванням напрямку вітру знаходиться у межах 50-120 м, що дозволяє обробити РПБ всю поверхню хвостів (див. рис. 3). Висота падіння крапель РПБ на поверхню хвостів перевищувала 1 м, оптимальні витрати було прийнято в межах 1,5-2 л/м². Під час досліджень на обох підприємствах було закріплено 9 карт загальною площею понад 200 га. У ході експериментів було встановлено, що використання РПБ щільністю не менше 1250 кг/м³ має найбільш тривалий ефект закріплення (не менше 70 діб).

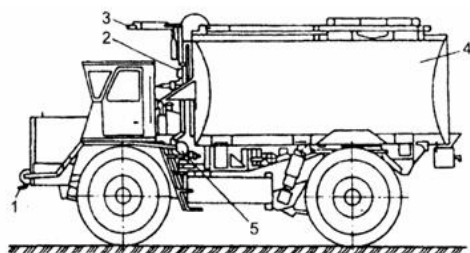


Рис. 2. Автомобіль для нанесення РПБ:
1 – зрошувачі для поливу доріг; 2 – гідросистема управління; 3 – гідромонітор; 4 – цистерна для рідини; 5 – насос

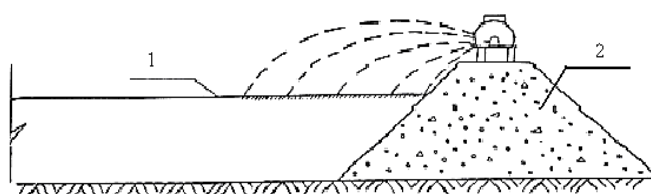


Рис. 3. Схема нанесення РПБ на карту хвостосховища:
1 – поверхня хвостів; 2 – дамба

Авторами встановлено, що, незважаючи на періодичні дощі та інші неприємні погодні умови РПБ, нанесений на поверхню хвостів, продовжує підтримувати високу вологість верхньої частини хвостосховища, зв'язуючи дрібнодисперсний пил.

Боротьбі з ожеледицею на автошляхах у кар'єрах. Високу ефективність попередження зимової слизькості та виділення пилу на кар'єрних автошляхах у Кривбасі (Україна) показала технологія їхньої попередньої обробки РПБ. Промислові дослідження показали, що обробку автошляхів у Криворізьких кар'єрах слід розпочинати з поверхні при температурі атмосферного повітря до мінус 3,0 °С, на глибині кар'єру понад 100 м при температурі атмосферного повітря нижче мінус 3,0 °С, та на глибині кар'єру понад 200 м - нижче мінус 5,0 °С [4, 5].

Профілактична обробка кар'єрних автошляхів РПБ здійснюється із застосуванням поливальних машин до появи зимової слизькості в період прогнозованого різкого зниження температури повітря до мінус 2–5 °С. Після підвищення температури повітря, кар'єрні автодороги, оброблені РПБ, довгий час не виділяють пил при русі по них транспортних засобів. Після отримання інформації про зниження температури повітря визначають необхідну кількість РПБ.

Обробку покриття дороги РПБ за допомогою поливальних машин зі спеціалізованим розподільним пристроєм починають не пізніше трьох годин до морозу. На рис. 4 представлена залежність температури змерзання гірничої маси (t_z , °С) від вмісту водного РПБ (C_6 , %).

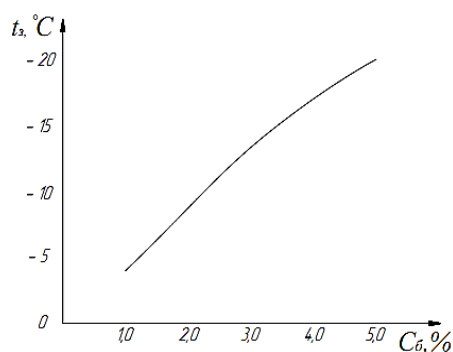


Рис. 4. Залежність температури змерзання гірничої маси (t_z , °С) від вмісту в ній водного розчину природного бішофіту (C_6 , %)

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Проведені дослідження показали, що розроблені авторами технології та технічні засоби дозволяють ефективно використовувати РПБ у галузі екології та гірничорудній промисловості, забезпечувати економічну ефективність та екологічну безпеку технологічних процесів видобутку рудної сировини, її транспортування і зберігання відходів збагачення у хвостосховищах.

При використанні РПБ замість води при вибухових роботах у кар'єрах зменшуються витрати ВР у 1,4 – 1,5 рази та знижуються викиди шкідливих газів під час

вибухів на 20 – 30%. На підземних гірничих роботах при заміні води на РПБ для зволоження гранул ВР знижуються виділення газів при масовому вибуху у шахті в 1,3 – 1,4 рази. Для запобігання змерзання або примерзання гірської маси до внутрішньої поверхні відкритих залізничних вагонів при транспортуванні залізних та марганцевих руд на морозі, здійснюється профілактична обробка внутрішньої поверхні залізничних вагонів РПБ. Для попередження ожеледиці на автошляхах у кар'єрах здійснюється попередня їх обробка РПБ із застосуванням поливальних машин в період прогнозованого різкого зниження температури повітря до мінус 2–5 °С. Для зменшення виділення пилу під час перевезення гірської маси у відкритих вагонах поверхню вантажу запропоновано змочувати РПБ. Для зменшення виділення пилу в атмосферу при масових вибухах у кар'єрах пропонується поверхню бурового пилу змочувати РПБ щільністю 1250 – 1270 кг/м³ у кількості 4,5 – 5,0 л/м². Для боротьби з виділенням пилу на діючих хвостосховищах, закріплення їх поверхонь РПБ в умовах ПАТ «ПівнігЗК» (Кривбас, Україна) знижує забрудненість повітря пилом у 4,6 – 17 разів, на відміну від інших технологій та засобів. Встановлено що використання РПБ із концентрацією (щільністю) не менше 1250 кг/м³ має найбільш тривалий ефект закріплення (не менше 70 діб).

Одним із перспективних напрямів проведення подальших досліджень є використання великих об'ємів техногенних підземних порожнин, утворених при вилуговуванні бішофіту, для зберігання корисних рідких речовин або для утилізації відходів на глибині понад 1500 м [13].

Список літератури

1. Жарков М.А., Жаркова Т.М., Мерзляков Г.А., Гребенников Н.П. и др. Особенности строения залежей бишофита и каменных солей. – Новосибирск, 1980. – С. 40 – 45.
2. Раствор природного бишофита (РПБ) ТУ 25 Украина 22529511-003-97.
3. Кузьмин Е.В., Святецкий В.С., Марковец В.В. Сгущение отходов переработки урановых руд с получением пасты для подземного размещения // Горный журнал. –2018. – № 7. –С. 73–77. DOI: 10.17580/gzh.2018.07.14.
4. Ляшенко В.И., Гурин А.А. Природоохранные технологии и средства для пылеподавления поверхностей хвостохранилищ // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2016. № 4. С. 10-17.
5. Гурин А.А., Шаповалов В.А., Ляшенко В.И. Технология повышения безопасности эксплуатации карьерных автомобильных дорог и предотвращения пыления хвостохранилищ ГОКов путем их обработки водным раствором природного бишофита //Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2020;76(11):1089-1096. <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2020-11-1089-1096>.
6. Ляшенко В.И., Голик В.И., Дятчин В.З. Повышение экологической безопасности снижением техногенной нагрузки в горнодобывающих регионах // Изв. вузов. Черная металлургия. 2020. Т. 63. № 7. С. 529-538. <https://doi.org/10.17073/03680797-2020-7-529-538>.
7. Осипов Ю.В., Кошелев А.Е., Вознесенский А.С. Экспериментальные исследования деформационных свойств бишофита // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 10. – С. 5–15. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-10-0-5-15.
8. Glebov, A. (2017). Selection of gathering autotransport for the systems of cyclical-and-continious technology. Mining of Mineral Deposits, 11(4), 11-18. <https://doi.org/10.15407/mining11.04.011>
9. Stupnik, M., Kalinichenko, V., Fedko, M., Kalinichenko, O., Pukhalskyi, V., & Kryvokhin, B. (2019). Investigation of the dust formation process when hoisting the uranium ores with a bucket. Mining of Mineral Deposits, 13(3), 96-103. <https://doi.org/10.33271/mining13.03.096>
10. Kofanov, O., Vasylykevych, O., Kofanova, O., Zozul'ov, O., Kholkovsky, Yu., Khrutba, V, Borysov, O., & Bobryshov, O. (2020). Mitigation of the environmental risks resulting from diesel vehicle operation at the mining industry enterprises. Mining of Mineral Deposits, 14(2), 110 – 118. <https://doi.org/10.33271/mining14.02.110>
11. Рациональное использование природных ресурсов Челябинской области: монография: в 2 ч. Ч. 1 / В. И. Бархатов, И. П. Добровольский, Ю. Ш. Капкаев. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2015. с. 143-146. ISBN 978-5-7271-1287-8.
12. Куликова Е.Ю., Виноградова О.В. Риски как причина снижения промышленной безопасности при строительстве подземных сооружений // Горный информационноаналитический бюллетень. — 2020. — № 7. — С. 146—154. DOI: 10.25018/0236-1493- 2020-7-0-146-154.
13. Qi Sun, Jian Lu, Jun Wu, Guangcan Zhu Catalytic Ozonation of Sulfonamide, Fluoroquinolone, and Tetracycline Antibiotics Using Nano-Magnesium Hydroxide from Natural Bischofite. / Water, Air, & Soil Pollution volume 230, Article number: 55 (2019).

**ВИБІР МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ЛОКАЛІЗАЦІЇ
ДЕФЕКТІВ ОБ'ЄКТІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Мета. Головною метою проведеного дослідження було вирішення задач адаптивного управління ресурсом машини на основі використання у реальному часі з формуванням гнучких регламентів обслуговування, об'єм і зміст яких адекватний технічному стану механізму.

Методи дослідження. Для вирішення цього завдання використано методи ідентифікації дефектів, прогнозування динаміки зміни технічного стану обладнання та практичного використання програм адаптивного керування надійністю обладнання «за станом», методи обробки випадкових процесів і математичної статистики, а також, аналіз літературних і патентних джерел, наукове узагальнення раніше виконаних досліджень.

Наукова новизна. Показано, що вибір методів ідентифікації дефектів потрібно виконувати з врахуванням рівня їх достовірності і наявних недоліків і переваг практичного застосування.

Практична значимість. Мета дослідження досягається шляхом поєднання методів ідентифікації дефектів складних об'єктів та локалізації їх розташування у реальному часі у програмах експлуатації з метою вибору найбільш придатних для діагностичного моніторингу конструктивно щільних систем з наявністю певної множини близько розташованих типових конструктивно подібних елементів, при умові безрозбірної ідентифікації у режимі реального часу його технічного стану і без виводу з експлуатації, що створить умови адекватності у визначенні регламентів та змісту технічного обслуговування та ремонту (ТОіР). Проведені дослідження і їх результати забезпечують теоретичне обґрунтування застосування і технічної реалізації спрощених алгоритмів діагностичної локалізації дефектів технічного стану, що сприяє підвищенню ефективності процесів експлуатації.

Результати. Доведено, що діагностичний моніторинг технічного стану обладнання доцільно проводити засобами систем технічної діагностики. Саме такий спосіб гарантує забезпечення прийнятної достовірності результатів, мінімальні витрати часу і мінімальну вартість визначення параметрів технічного стану.

Ключові слова: технічна діагностика, визначення технічного стану, ідентифікація дефектів, режим реального часу, промислове обладнання, математична модель.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-82-88

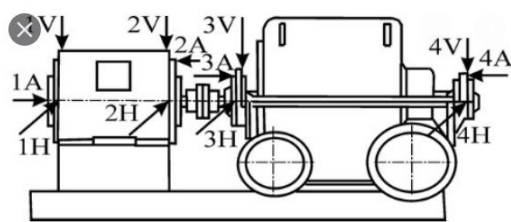
Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Визначення методів локалізації дефектів об'єктів експлуатації, у реальному часі, як наступної операції у програмах ідентифікації дефектів складних об'єктів експлуатації з метою вибору найбільш придатних для діагностичного моніторингу конструктивно щільних систем з наявністю певної множини близько розташованих типових конструктивно подібних елементів, при умові безрозбірної ідентифікації у режимі реального часу його технічного стану і без виводу з експлуатації, що створить умови адекватності у визначенні регламентів та змісту технічного обслуговування та ремонту (ТОіР).

Аналіз досліджень і публікацій. В останніх публікаціях зусилля дослідників зосереджено у напрямі визначення способу діагностичного розпізнавання технічного стану приводу на підставі найбільш достовірних методів ідентифікації дефектів [5, 6].

Вибір методів ідентифікації дефектів потрібно виконувати з врахуванням рівня їх достовірності і наявних недоліків і переваг практичного застосування [6]. Типові схеми розміщення місць зняття діагностичної інформації (місць розташування датчиків) не враховують відстань до місця розташування дефекту у механізмі, через що рівень сигналу може бути ослабленим, а діагностична класифікація технічного стану запізнюю (рис.1).

Постановка задачі. Вирішення задач адаптивного управління ресурсом машини на основі використання у реальному часі з формуванням гнучких регламентів обслуговування, об'єм і зміст яких адекватний технічному стану механізму.

Мета досягається шляхом поєднання методів ідентифікації дефектів складних об'єктів та локалізації їх розташування у реальному часі у програмах експлуатації з метою вибору найбільш придатних для діагностичного моніторингу конструктивно щільних систем з наявністю певної множини близько розташованих типових конструктивно подібних елементів, при умові безрозбірної ідентифікації у режимі реального часу його технічного стану і без виводу з експлуатації, що створить умови адекватності у визначенні регламентів та змісту технічного обслуговування та ремонту (ТОіР).



ГОСТ ІСО 10816-1				
V(к), мм/с	кл. 1	кл. 2	кл. 3	кл. 4
45,00				D
28,00		D	D	
18,00	D		D	C
11,20			C	
7,10		C		B
4,50	C		B	
2,80		B		
1,80	B			A
1,12			A	
0,71		A		
0,45	A			
0,28				
A	Нові агрегати			
B	Дозволена експлуатація довго			
C	Дозволена експлуатація не довго			
D	Агрегат пошкоджено			

Рис. 1. Типові схеми розміщення місць зняття діагностичної інформації (місць розташування датчиків)

Виклад матеріалу та результати. Визначення множини можливих станів машин шляхом безпосереднього вимірювання параметрів станів $S_1(t), S_2(t), \dots, S_n(t)$ називається діагностикою в просторі станів. Як показує практика, у більшості випадків вимірювання станів приводу є технічно неможливим, або економічно недоцільним, при реалізації прийнятих принципів діагностування. Тим більше, що діагностика у просторі станів не дає відповіді про причини погіршення стану і розпізнавання та ідентифікацію цих причин. Це ускладнює перспективу глибокої діагностики технічного стану, так як фактично $S_1(t) = f\{D_1, D_2, \dots, D_m\}$, де D_i – множина дефектів і пошкоджень, що викликають зміну стану будь якого елементу приводу.

На підставі веденого аналізу встановлено, що найбільш чутливою реакцією на появу дефектів стану є зміна рівня і характеру коливального збудження електричної машини, стає можливим визначати стан приводу за результатами побічних вимірювань параметрів вібрації в доступних для контролю місцях. При цьому машина стає контроледоступною $X_i(t) = R(S) S_i(t)$, де $R(S)$ – передавальна функція механізму, що показує закономірність перетворення параметрів технічного стану в параметри діагностичного сигналу $X_i(t)$. Розпізнавання $S_i(t)$ станів приводу відбувається при визначенні оптимального класу параметрів стану, або класу діагностичних параметрів $X_i(t)$, тобто $S_i(t) = X_i(t) \in \{x_1, \dots, x_m\}$, де $\{x_1, \dots, x_m\}$ – параметри діагностичних сигналів $X_1, X_2, \dots, X_m$, що можуть бути виміряні безпосередньо. Вибір на користь побічних методів контролю технічного стану можливий лише в тому випадку, якщо вибрані діагностичні ознаки і параметри дозволяють встановити зв'язок технічного стану з діагностичним параметром $R(S)$, близький до детермінованого, що забезпечується за умови сильної залежності параметра від стану об'єкту і слабкої – від зовнішніх умов. В дослідженнях адекватності комплексів діагностичних ознак відповідному стану технологічного і енергетичного обладнання [6] і встановлено достатність підстав для визнання залежностей $R(S)$ детермінованою.

Метод вирішення діагностичної задачі, тобто визначення поточного технічного стану приводу за результатами контролю сукупності ознак $X_i(t) \in \{x_1, \dots, x_m\}$, називається діагностикою в просторі ознак, де $S_i(t)$ визначається певною множиною $[X]^n(t)$ ознак стану $S_i(t)$, що задовольняє точність визначення стану. При незабезпеченні точності діагностування за допомогою множини $[X]^n(t)$ віброакустичних ознак стану $S_i(t)$, діагностична множина ознак $[X]^n(t)$ доповнюється ознаками іншої природи (наприклад параметри струму, живлення, ізоляції, температури, тощо). Метод діагностики в просторі ознак прийнято як основний при діагностичному забезпеченні експлуатаційних властивостей приводу функціональними методами (віброакустичними), без зупинки і без розбирання. Прогнозування ресурсу, планування регламентів ТОiP забезпечується шляхом порівняння поточного значення $S_i(t)$ із еталонним і граничним станами, визначенні параметрів тренду $S_i(t)$.

В окремих випадках діагностування (10%), коли точність розпізнавання технічного стану об'єкту є незадовільною, використовують альтернативні до методу діагностики в просторі ознак, статистичні методи діагностики.

Статистичні методи діагностики [6] засновані на розділенні простору діагностичних сигналів $[X]^n(t)$ на класи, що характеризують справні і несправні стани об'єктів діагностики. Задачею діагностики є розпізнавання станів шляхом оцінки ймовірності визначення стану $P[S_i(t)]$ за да-

ними вектору діагностичного сигналу, тобто $P[S_i(t) = X_i(t) \in \{x_1, \dots, x_m\}] \geq P_{don}$, і віднесення до одного з класів за умови, що вірогідність такого вирішення не повинна бути нижче заданого значення P_{don} . Такий напрям вирішення задачі носить назву статистичної класифікації станів. Цей метод може розширити свої інформаційні можливості при великому числі діагностичних параметрів і класів станів об'єкту для визначення причин відмови і прогнозування стану об'єкту за допомогою логічних методів діагностики. На практиці застосування методу класифікації станів ускладнюється потребою у проведенні значної кількості діагностичних процедур (статистично значущих масивів), для гарантії прийнятних рівнів P_{don} , і може бути доцільним лише для окремих випадків.

Розробка методичних засад локалізації та розпізнавання дефектів на підставі використання інваріантного до виду (неградаційного процесу, конструкції об'єкта експлуатації) інтегрального діагностичного сигналу

Практика застосування методів ідентифікації дефектів використовує обмеження, що це можливо лише в доступних для контролю місцях (рис.2).

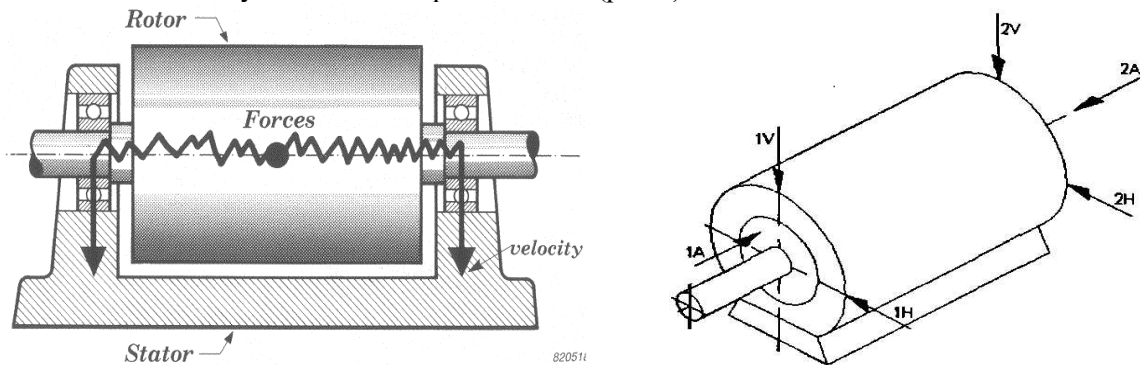


Рис.2. Схеми просторового рознесення місця зародження і фіксації наявності дефекту

Найбільш оперативна, проста діагностична ідентифікація дефекту забезпечується наявністю інформації оцінки про коливальне збудження машини від дії дефекту (рис. 3).

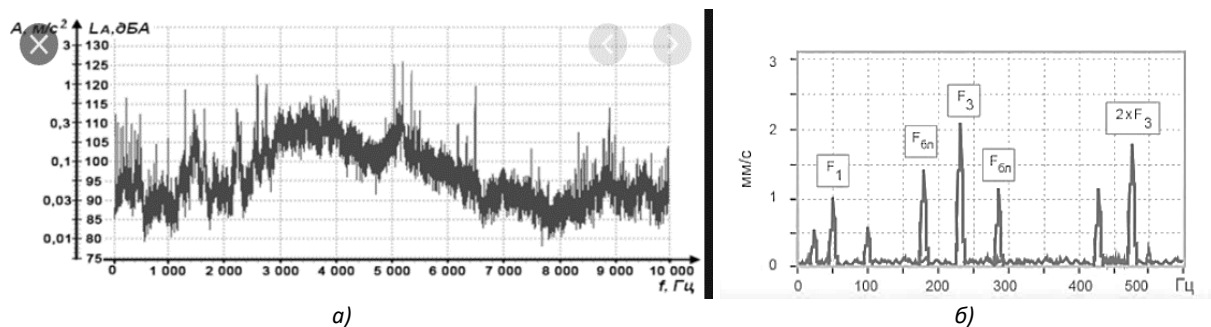


Рис.3. Діагностична інформація для класифікації дефекту

Коливальне збудження від дії дефекту проходить від точки зародження до точки фіксації певний шлях (рис.2), що обумовлює перекошування і втрату інформації через опір середовища проходженню хвиль.

Через це в умовах безрозбірної діагностики потрібно для задачі локалізації дефекту досліджувати вібраційне поле, яке утворюється від дії коливального збудження (рис.4).

Рівняння коливань i -ї точки зони збудження від дії дефектів, як наслідків деградаційних процесів, складається на основі загальних для коливальних систем методів. Коливальні збудження від впливу дефектів механізму можуть бути описані диференціальними рівняннями або рівняннями що приводяться до лінійних (для незначних коливань). Ці рівняння описуються на основі законів Ньютона або Д'аламбера, що представляють при поступальних коливаннях рівність нулю геометричної суми сил реакції зв'язків і інерційних сил в будь-якій точці коливальної системи.

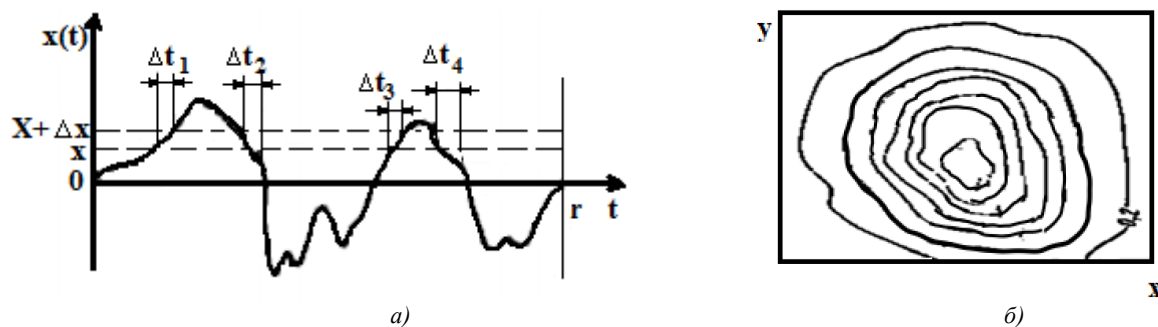


Рис. 4. Дослідження вібраційного поля: а - форма діагностичного сигнал; б - топографія вібраційного поля від дії дефекту

Поява дефектів на різних стадіях їх існування (зародження, розвиток, катастрофічний вплив) має одну особливість: вони не змінюють динамічну рівновагу елементів механізмів, але відповідно принципу Д'аламбера змінюють енергетичний рівень процесів взаємодії цих елементів від появи примусових сил від дії відповідних дефектів

$$[m - \Delta m]a(t) + [r - \Delta r]v(t) + [c - \Delta c]x(t) = F_0 + F_1(t),$$

де $\Delta m = F_4 a / a(t)$ – зміна масових характеристик ланок механізмів від дії дефектів; $\Delta r = F_3 v / v(t)$ – зміна дисипативних характеристик ланок механізмів від дії дефектів; $\Delta c = F_2 x / x(t)$ – зміна характеристик жорсткості ланок механізмів від дії дефектів.

При цьому a , v , x параметри коливальних рухів (відповідно прискорення, швидкість, переміщення) ланок механізмів обумовлених коливальними силами $F_{i=(2,3,4)}$ – від дії дефектів, F_0 – узагальнена сила, що врівноважує механізм (при відсутності дефектів); F_1 – додаткова узагальнена сила, що врівноважує механізм (при наявності дефектів). Примусові сили, що обумовлені появою дефектів, прискорюють процеси спрацювання обладнання.

Розкриття природи примусових сил $F_{i=(2,3,4)}$ і в першу чергу в енергетичній площині, може дати відповідь про умови вибору уніфікованого, інформативного методу локалізації і розпізнавання дефектів і як наслідок мінімізації швидкості спрацювання ресурсу обладнання.

Визначення і пояснення появи примусових сил $F_{i=(2,3,4)}$ від дії конструктивно-технологічних дефектів та пошкоджень механічних вузлів можливо на підставі аналізу породженої ними коливальної активності зони збудження. Характер коливальної активності можна сприймати як динамічні реакції системи механізмів технологічного обладнання, які контролюються засобами діагностичного контролю. Для локалізації дефекту і визначення процесів спрацювання, що їх породжують, потрібно використати характеристики коливань i -ї точки, і розглянути рівняння цих коливань, де координати коливань i -ї точки відповідають узагальненим координатам точки зняття інформації.

Опис коливального руху механізму у прийнятій точці контролю є недостатнім для ідентифікації і локалізації дефекту, розуміння темпів його зростання. Точка локалізації може бути встановлена при дослідженні закономірностей змін у вібраційному полі за критерієм визначення зон приросту енергії від дії дефекту. Це можливо встановити за допомогою коливань, які можуть бути описані рівнянням Лагранжа. Рівняння Лагранжа можна записати в узагальнених координатах

$$\sum_{i=1}^s (a_{ij} \dot{q}_i + b_{ij} q_i + c_{ij} q_i) = Q_i,$$

де q_i – узагальнені координати, що однозначно визначають положення системи; Q – узагальнена сила, що діє в напрямі i -ї координати; s – число мір свободи; узагальнена сила Q_i – є результируюча діючих в коливальній системі сил: змушуючих $f_i(t)$; потенційних $Q_{ni}(t) = -\frac{\partial W_n}{\partial q_i}$, де (W_n – потенційна енергія системи); дисипативних $Q_{vi} = -b q_i$ (b – коефіцієнт втрат).

Тобто як система S лінійних диференціальних рівнянь 2-го порядку відносно S узагальнених координат.

Локалізація дефекту обумовлена локальними змінами енергетичних характеристик вібраційного поля машини в зоні дії дефекту

$$\frac{d\partial W_k}{dt\partial q_i} - \frac{\partial W_k}{\partial q_i} = Q_i \quad (i = 1, 2, \dots, s),$$

де W_k – кінематична енергія системи; q_i – узагальнені координати, що однозначно визначають положення системи.

З позицій логіки, напрям зміни енергетичних зон вібраційного поля, від точки контролю (координати i -ї точки) можна відстежити за зміною координат коливального руху у трьох-вимірному просторі (при якому узагальнені координати джерела коливань залишаються незмінними).

Для вибору характеристик коливального руху, що визначають енергетичні показники коливального руху та зміщення зон коливальної активності у вібраційному полі машини потрібно скористатись умовою динамічної рівноваги матеріальної точки механізму.

У коливальних системах, що розглядаються, змушуючи сили є гармонічними (тобто описують коливання поза зонами резонансу). Підстановка виразів q_i та їх похідних у це рівняння дає систему алгебраїчних рівнянь відносно амплітуд коливань [5]. Аналіз складових цього рівняння може пояснювати основні закономірності розвитку дефектів та пошкоджень.

При малих коливаннях від дії дефектів та пошкоджень, кінетична енергія системи, що містить зосереджену масу m_k ($k = 1, 2, \dots, n$), є квадратичною функцією їх швидкостей.

$$W_k = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n m_k v_k^2 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n m_k (x_k^2 + y_k^2 + z_k^2),$$

де v_k – швидкість руху k -ї маси; x_k, y_k, z_k – проекція вектора швидкості v_k – у декартових координатах.

Радіус-вектор k -ї точки коливальної системи зі стаціонарними зв'язками, що має n мір свобод, є функцією узагальнених координат q_i системи. Координати x_k, y_k, z_k можуть представитися функціями $x_k = x_k(q_1, \dots, q_s)$, $y_k = y_k(q_1, \dots, q_s)$, $z_k = z_k(q_1, \dots, q_s)$. З урахуванням того, що

$$X_k = (\partial x_k / \partial q_1) q_1 + \dots + (\partial x_k / \partial q_s) q_s,$$

де $q_i = \partial q_i / dt$ (для y_k і z_k аналогічно), вираження кінетичної енергії в узагальнених координатах має вид)

$$W_k = (1/2) (a_{1,1} q_1^2 + \dots + a_{ss} q_s^2 + 2a_{1,2} q_1 q_2 + \dots + 2a_{s-1} q_{s-1} q_s),$$

де $a_{ij} = a_{ji} = \partial^2 W_k / \partial q_i \partial q_j$ – коефіцієнти інерції, що визначаються масою (моментами інерції) елементів або що є їх функціями. Таким чином, кінетична енергія при малих коливаннях – це квадратична функція узагальнених швидкостей системи. Аналогічно потенційна енергія цієї системи є квадратичною функцією самих узагальнених координат q_i

$$W_n = (1/2) (c_{1,1} q_1^2 + \dots + c_{ss} q_s^2 + 2c_{1,2} q_1 q_2 + \dots + 2c_{s-1} q_{s-1} q_s),$$

де $c_{ij} = c_{ji} = \partial^2 W_n / \partial q_i \partial q_j$ – коефіцієнти жорсткості системи. Для систем із загасанням коливань, зумовлених силами опору Q_{vi} пропорційними швидкостям V_i системи, вводиться дисипативна функція втрат (функція розсіювання), яка також є квадратичною функцією узагальнених швидкостей

$$\Phi = (1/2) (b_{1,1} q_1^2 + \dots + b_{ss} q_s^2 + 2b_{1,2} q_1 q_2 + \dots + 2b_{s-1} q_{s-1} q_s),$$

де $b_{ij} = b_{ji}$ – коефіцієнти втрат.

Таким чином, у тримірному вібраційному полі (рис.5), за напрямом і величиною приросту показників швидкості коливальних рухів i -ї точки поля, що змінюється від дії узагальнюючих сил за рівнянням Лагранжа (зміна вектору і величини Q_i) можлива локалізація дефектів та пошкоджень при умові використання інваріантного інструменту для оцінки впливу деградаційних процесів різної природи на технічний стан машини.

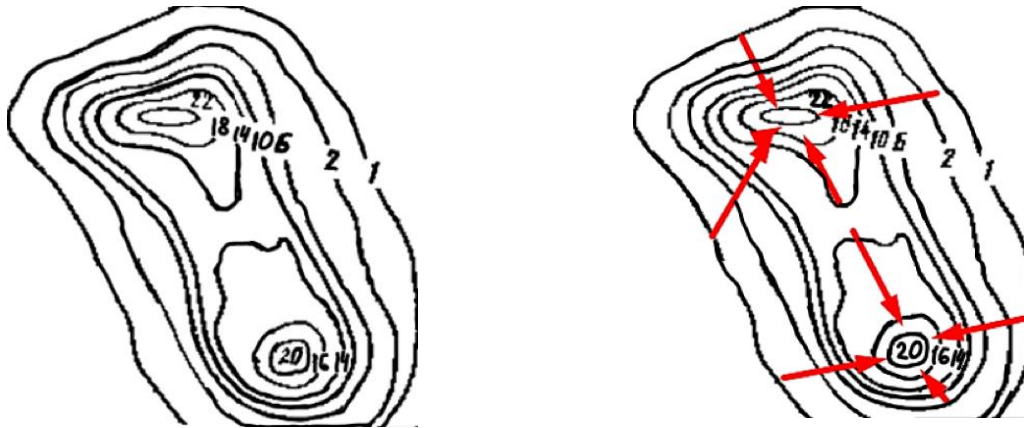


Рис. 5. Схема локалізації дефекту за напрямом до зон концентрації енергетичного збудження

Висновки та напрямок подальших досліджень:

1. Проведені дослідження і їх результати забезпечують теоретичне обґрунтування застосування і технічної реалізації спрощених алгоритмів діагностичної локалізації дефектів технічного стану за рахунок використання закономірностей змін у топографії вібраційного поля за критерієм визначення зон приросту енергії від дії дефекту.
2. Найбільша діагностична достовірність досягається при скануванні 3D рельєфу топографії вібраційного поля вздовж осі роторної машини встановлюючи напрям зміни енергетичних зон вібраційного поля.
3. Для ідентифікації та локалізації дефектів і пошкоджень об'єкту експлуатації достатньо застосовувати інваріантні стандартні векторні параметри (віброшвидкість) для оцінки впливу деградаційних процесів різної природи на технічний стан машини, але у тримірному вібраційному полі, за напрямом і величиною приросту показників швидкості коливальних рухів i -ї точки поля, що є пропорційним енергії деградаційних процесів в елементах об'єкту експлуатації.
4. Проведені дослідження сприяють підвищенню ефективності процесів експлуатації шляхом запобігання втрати працездатності завдяки діагностичному моніторингу технічного стану, де методи технічної діагностики побудова ні на рельєфній ідентифікації енергетичних зон вібраційного поля, що гарантує забезпечення прийнятної достовірності результатів, мінімальні витрати часу і мінімальну вартість визначення параметрів технічного стану на умовах використання уніфікованих параметричних моделей надійності з вибором узагальнюючого параметра технічного стану інваріантного до фізичної природи деградаційних процесів (дефектів), конструктивної будови і властивостей об'єкта експлуатації обладнання.

Список літератури

1. Тараканов К.В., Овчаров Л.А., Тыришкин А.Н. Аналитические методы исследования систем. - М.: Сов. Радио, 1974. - 240 с.
2. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем. -М.: Высшая школа, 1976. - 406 с.
3. Калиткин Н.Н. Численные методы. - М.: Наука, 1978. - 512 с.
4. Надежность и долговечность машин. / Под ред. Костецкого Б.И. К.: Техника, 1975. - 273 с.
5. Генкин М.Д., Соловьева А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. - М.: Машиностроение, 1987 -288 с.
6. Кіянговський М.В. Діагностичне забезпечення технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) гірничо-металургійного обладнання. Навчальний посібник. Кривий ріг. Видавництво ДВНЗ КНУ «Мінерал». 2016. С. 364.
7. Пономарев А. Н. О возможности применения виброакустических методов для диагностирования элементов автоматики пневмогидравлических систем питания ракет-носителей / А. Н. Пономарев, А. В. Сичевой // Проблемы высокотемпературной техники. – Дніпропетровськ. – 2001. – С. 103–106.
9. Сичевой А. В. Разработка концепции диагностирования исходного технического состояния элементов автоматики пневмогидравлических систем РН / А. В. Сичевой, А. Н. Пономарев // Космічна наука і технологія. – Київ. – 2002. – Вип. 8, №1, додаток. С. 36–40. <https://doi.org/10.15407/knit2002.01s.036>
10. C. M. Harris, and A. G. Piersol. Harris' shock and vibration handbook, vol. 5. New York: McGraw-Hill, 2002.
11. E. O. Zaitsev, V. E. Sydoruk, and A. N. Shpilka. "Application of the spectrum analysis with using Berg method to developed special software tools for optical vibration diagnostics system", Devices Methods Meas., vol. 7, no. 2, pp. 186-194, 2016.

А.М. ТУРИЛО, А.А. ТУРИЛО, доктори екон. наук, професори,
Р.В. КОРОЛЕНКО, канд. екон. наук, доц.
Криворізький національний університет

АКТУАЛЬНІСТЬ І ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ КАТЕГОРІЇ «ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ПІДПРИЄМСТВА»

Мета. Розкрити сутність і надати визначення категорії «фінансово-економічний менеджмент підприємства».

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного і логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. У процесі дослідження і розкриття сутності категорії «фінансово-економічний менеджмент підприємства» в роботі також розкрито зміст і характерні особливості ще двох категорій, що безпосередньо пов'язані з фінансово-економічною діяльністю підприємства, а значить і з його фінансово-економічним менеджментом. Це такі категорії, як «фінансовий менеджмент підприємства» і «економічний менеджмент підприємства».

Практична значимість. Представлено концепцію і методологічні підходи до визначення та розкриття сутності специфічних видів менеджменту підприємства: фінансового, економічного і фінансово-економічного.

Надано або удосконалено визначення таких термінів, як «фінансовий менеджмент підприємства», «фінансова діяльність підприємства», «економічний менеджмент підприємства», «фінансово-економічна діяльність підприємства», «фінансово-економічний менеджмент підприємства».

Відзначено місце і роль фінансової безпеки в загальному менеджменті підприємства.

Результати. У роботі констатується, що сучасний зміст категорії «фінансовий менеджмент» виходить за межі суто фінансового аспекту. Фактично, в теперішньому стані фінансовий менеджмент підприємства охоплює за своїм змістом процеси й елементи економічного характеру в діяльності підприємства.

Підтверджується це наступним, а саме: предметом і об'єктом управління у фінансовому менеджменті підприємства; метою фінансового менеджменту; сукупністю показників, що використовуються в системі фінансового менеджменту підприємства; сукупністю термінів і понять, що характеризують окремі сторони фінансової діяльності і фінансового менеджменту підприємства; представленням і оцінкою економічних процесів та елементів через фінансову термінологію та показники; віднесенням процесів управління активами підприємства до сфери фінансового менеджменту.

Ключові слова: фінансовий менеджмент, менеджмент, фінансово-економічна діяльність, концепція, показники, термінологія.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-88-93

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В економічній і фінансовій навчальній літературі не розглядається і не визначається за сутністю такий термін, як «фінансово-економічний менеджмент підприємства».

Сутність фінансового менеджменту та його термінологічний апарат потребують удосконалення (в аспекті окремих його сутнісних характеристик)

Аналіз досліджень і публікацій. В навчальній економічній і фінансовій літературі не розглядається такий важливий аспект діяльності підприємства, що відображав би сутність категорії «фінансово-економічний менеджмент підприємства» [1–10 та ін.].

Постановка задачі. Розкрити сутність і надати визначення категорії «фінансово-економічний менеджмент підприємства».

Викладення матеріалу та результати. Одразу почнемо з сутнісно-методологічного питання. Чому не існує в науково-навчально-практичній діяльності таких термінів і видів менеджменту як «економічний менеджмент» і «фінансово-економічний менеджмент»?

Відповідь, на наш погляд, така: тому, що фінансовий менеджмент (як його трактують сьогодні) підмінив собою вище зазначені терміни.

Вважаємо, що настав час приділити цьому питанню більше уваги.

У цій роботі зроблено спробу обґрунтувати і аргументувати необхідність існування трьох видів менеджменту.

Для визначення сутності трьох видів менеджменту (фінансового, економічного і фінансово-економічного) візьмо за основу загальновизнані в міжнародній і вітчизняній науці та практиці зміст і тлумачення таких видів діяльності підприємства, як економічна (операційна) і фінансова.

Чітке трактування, зміст і підходи до оцінювання цих видів діяльності підприємства представлено в таких офіційних нормативно-директивних документах, як положення (стандарти) бухгалтерського обліку.

Значимість і глибина проробки цих положень визначається тим, що, по-перше, вони несуть в собі кращий світовий досвід і рівень обґрунтованості, а по-друге, вони є обов'язковими для підприємств усіх галузей господарювання та у своїй сукупності регулюють їх діяльність та фінансово-економічну звітність.

Згідно ринкових законів, змістовних аспектів фінансової і економічної діяльності підприємств і спираючись на сутнісні характеристики й оцінки, що відображені в положеннях (стандартах) бухгалтерського обліку відносно проблеми, що розглядається в цій роботі, на рисунку 1 представлено концепцію і методологічні підходи до визначення специфічної системи із трьох видів менеджменту: фінансовий менеджмент; економічний менеджмент; фінансово-економічний менеджмент.

Розкриття сутності фінансового менеджменту, що існує в економічній літературі, виходить за межі його фінансового змісту. Фактично, в теперішньому стані фінансовий менеджмент охоплює всі аспекти фінансового й економічного управління на підприємстві.

Це підтверджується наступним: предметом і об'єктом управління у фінансовому менеджменті; сукупністю показників, що використовуються в системі фінансового менеджменту; сукупністю термінів і понять, що характеризують окремі сторони фінансового менеджменту; представленням економічних процесів через фінансову аргументацію; визначенням змісту категорії «фінансовий менеджмент».

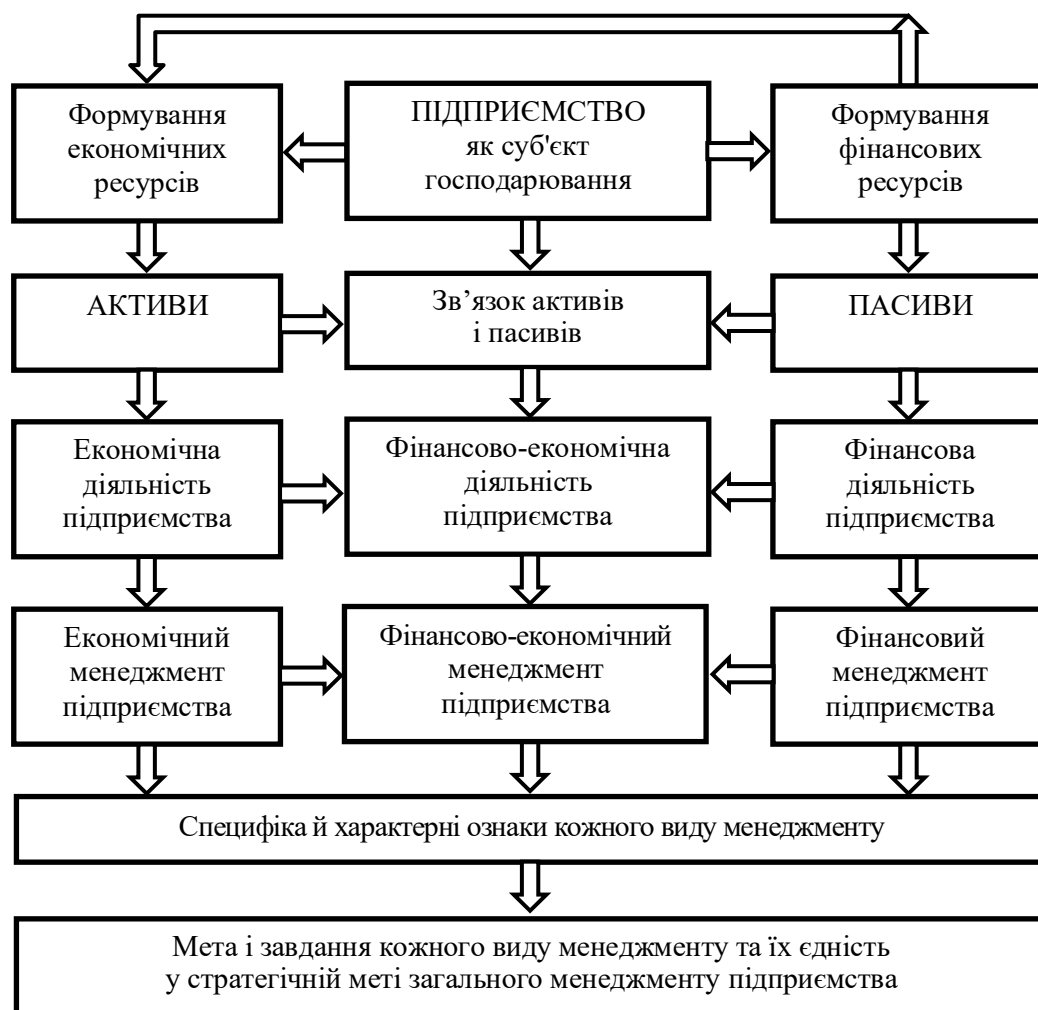


Рис. 1. Концепція і методологічні підходи до визначення і розкриття сутності специфічних видів менеджменту підприємства: фінансового менеджменту, економічного менеджменту, фінансово-економічного менеджменту

Принципова позиція авторів полягає в тому, що фінансовий менеджмент характеризує зміст, специфіку й систему управління фінансовою діяльністю підприємства; економічний менеджмент – зміст, специфіку й систему управління економічною (операційною) діяльністю підприємства; фінансово-економічний менеджмент – зміст, специфіку й систему управління фінансово-економічною діяльністю підприємства.

Така класифікація дозволяє обґрунтовано розкрити сутність управління кожним із реально існуючих видів діяльності підприємства, відобразити специфіку й глибину кожного з видів менеджменту, підвищити загальну ефективність управління підприємством, забезпечити спеціалізацію і розвиток людського капіталу на підприємстві та, нарешті, чітко визначити зміст і умови використання таких термінів як «фінансово-економічна діяльність підприємства», «фінансово-економічні показники оцінки діяльності підприємства», «фінансово-економічні умови (аспекти) господарювання», «фінансово-економічні результати підприємства», «фінансово-економічна стратегія розвитку підприємства», «фінансово-економічний менеджмент підприємства» тощо.

Необхідність теоретико-методологічного і методичного визначення і розмежування трьох видів менеджменту підприємства полягає, на наш погляд, в аналізі існуючих поглядів, трактувань, характеристик і оцінок категорії «фінансовий менеджмент».

По-перше, в науково-методичній літературі фінансовий менеджмент розглядається не як менеджмент специфічного виду (тобто він не несе в собі виключно фінансову сутність) і розкривається та трактується набагато ширше, виходячи за межі управління фінансовою діяльністю підприємства.

По-друге, за визначенням фінансовий менеджмент відображає не тільки фінансовий, а й економічний аспект діяльності підприємства. Так, фінансовий менеджмент трактується як управлінські рішення, що пов'язані з формуванням, розподілом і використанням фінансових ресурсів підприємства. В цьому випадку використання фінансових ресурсів – це фактично використання економічних ресурсів, а це вже сфера економічного менеджменту.

На наш погляд, стадія використання фінансових ресурсів в процесі господарської, а не фінансової діяльності підприємства, і необхідність урахування віддачі від них, вказують на економічний аспект діяльності підприємства.

По-третє, до складових фінансового менеджменту включають не тільки управління капіталом підприємства (власним капіталом, позиковим капіталом), а й управління активами підприємства (необоротними активами, оборотними активами, тобто економічними ресурсами підприємства).

По-четверте, система показників фінансового менеджменту включає в себе й безпосередньо ті показники, що характеризують ефективність використання економічних ресурсів підприємства, тобто характеризують його операційну діяльність.

При цьому в певних випадках показники, що за змістом є економічними, мають фінансову термінологію.

По-п'яте, важлива частина показників в оцінці діяльності має одночасно пряме відношення як до економічної, так і фінансової діяльності підприємства, тобто є результатом усієї господарської діяльності підприємства, а не тільки фінансової (наприклад, показники платоспроможності, оборотності ресурсів, фінансової стійкості тощо). Єдність двох видів діяльності, фінансової й економічної, і визначає об'єднуючий зміст показників, що їх характеризують.

Далі розглянемо авторський підхід до розкриття сутності трьох видів менеджменту: фінансового, економічного і фінансово-економічного.

Фінансова діяльність (П(С)БО4) – діяльність, яка призводить до змін розміру і складу власного і позикового капіталу підприємства.

Таке визначення фінансової діяльності, склад пасивів підприємства (П(С)БО2, форма 1 «Баланс»), призначення, процес формування, зміст і сфера дії фінансових ресурсів (капіталу) підприємства дозволяють сформулювати відкориговану авторську трактовку фінансовому менеджменту.

Фінансовий менеджмент – це системний специфічний процес управління безпосередньо фінансовою діяльністю підприємства, що пов'язаний з пошуком, залученням і формуванням фінансових ресурсів (капіталу) підприємства.

Із такого визначення категорії «фінансовий менеджмент» витікає загально - теоретичний зміст фінансової діяльності на підприємстві.

Фінансова діяльність – це діяльність, що пов’язана з пошуком, залученням і формуванням фінансових ресурсів (капіталу) підприємства.

Мета фінансового менеджменту – забезпечення максимальної ефективності фінансової діяльності підприємства.

Головним показником і критерієм фінансового менеджменту на підприємстві виступає середньозважена вартість фінансових ресурсів (капіталу) підприємства.

Зниження середньозваженої вартості фінансових ресурсів (капіталу) підприємства характеризує ефективність фінансової діяльності підприємства в динаміці.

Економічна діяльність підприємства корінним чином відрізняється за своїм змістом від фінансової діяльності, а значить, таким же чином відрізняється економічний менеджмент підприємства від фінансового менеджменту.

Економічна (операційна) діяльність – це основна діяльність підприємства, а також інші види діяльності, які не є інвестиційною чи фінансовою діяльністю (П(С)БО3).

Таке визначення економічної діяльності, склад активів підприємства (П(С)БО2, форма 1 «Баланс»), призначення, процес формування, зміст і сфера дії економічних ресурсів (активів) підприємства дозволяють сформулювати авторське визначення категорії «економічний менеджмент підприємства».

Економічний менеджмент – це системний специфічний процес управління безпосередньо економічною (операційною) діяльністю підприємства, що пов’язаний з формуванням і використанням економічних ресурсів (активів) підприємства.

Мета економічного менеджменту – забезпечення максимальної ефективності економічної діяльності підприємства.

Головними показниками і критеріями економічного менеджменту виступають рентабельність і прибуток (у різних їх видах).

Саме в процесі функціонування і використання економічних ресурсів створюється певний вид основної продукції (послуги, роботи), в процесі реалізації якої підприємство отримує той чи інший прибуток. Тобто, прибуток – це категорія і сфера економічної діяльності підприємства.

Показники рентабельності активів підприємства, розраховані на основі прибутку, характеризують ефективність економічної діяльності підприємства, а не фінансової.

Фінансово-економічна діяльність підприємства – це діяльність, яка природним чином об’єднує фінансову й економічну діяльність в одне ціле і яка досліджується і оцінюється на підприємстві в інтегрованому виді як єдиний органічний процес.

Таке визначення фінансово-економічної діяльності, призначення, зміст, закономірність і сфера взаємозв’язку фінансових і економічних ресурсів підприємства вказують на обґрунтовану необхідність мати на підприємстві, як базову складову загального менеджменту, фінансово-економічний менеджмент, бо саме такий вид менеджменту охоплює всю багатогранність фінансової й економічної діяльності підприємства у їхній гармонії і єдності.

В цьому випадку фінансовий і економічний менеджмент не є окремими системами управління, не діють у межах своїх повноважень, не спираються лише на свої критерії оцінки, не відокремлюються у своїх рішеннях тощо. В моделі фінансово-економічного менеджменту вони стають органічно взаємопов’язаними елементами з єдиним центром управління, оцінки й планування.

Фінансово-економічний менеджмент повинен стрімко зайняти своє значуще місце в управлінні підприємством, бо він є пріоритетним і за своєю сутністю ринковим фундаментом у забезпеченні ефективного розвитку підприємства.

Фінансово-економічний менеджмент – це системний специфічний процес управління фінансово-економічною діяльністю підприємства, що гармонійно (на принципах системності, обґрунтованості та цілеполягання) об’єднує в єдине ціле фінансову й економічну діяльність підприємства.

Мета фінансово-економічного менеджменту – забезпечення максимальної ефективності фінансово-економічної діяльності підприємства.

Головним показником і критерієм фінансово-економічного менеджменту виступає фінансово-економічна ефективність підприємства.

Конкретизується методично фінансово-економічна ефективність підприємства через показник, що розраховується в загальному виді як різниця між рівнем економічної ефективності й рівнем фінансової ефективності підприємства.

Мета фінансово-економічного менеджменту, а значить і мета кожної складової менеджменту, орієнтується виключно на стратегічну мету загального менеджменту підприємства.

Мета загального менеджменту підприємства є всеосяжною, головною і кінцевою в ієрархії узгоджених цілей діяльності підприємства.

Така мета визначається власниками підприємства і відображається в максимізації їх доходів і ринкової вартості підприємства (в процесі реалізації визначеної стратегії розвитку підприємства).

Базові показники і критерії загального менеджменту підприємства:

показники і критерії фінансово-економічної ефективності підприємства;

показники і критерії ринкової ефективності підприємства;

показники і критерії ефективності людського капіталу;

показники і критерії ефективності інтелектуальної власності;

показники і критерії чистого приведенного доходу (netpresentvalue, NPV);

інші показники і критерії загальної фінансово-економічної оцінки діяльності підприємства.

Виключно важливою складовою загального і фінансово-економічного менеджменту є завдання забезпечення фінансово-економічної безпеки підприємства.

На рисунку 2 представлено місце і роль фінансово-економічної безпеки в загальній системі менеджменту підприємства.

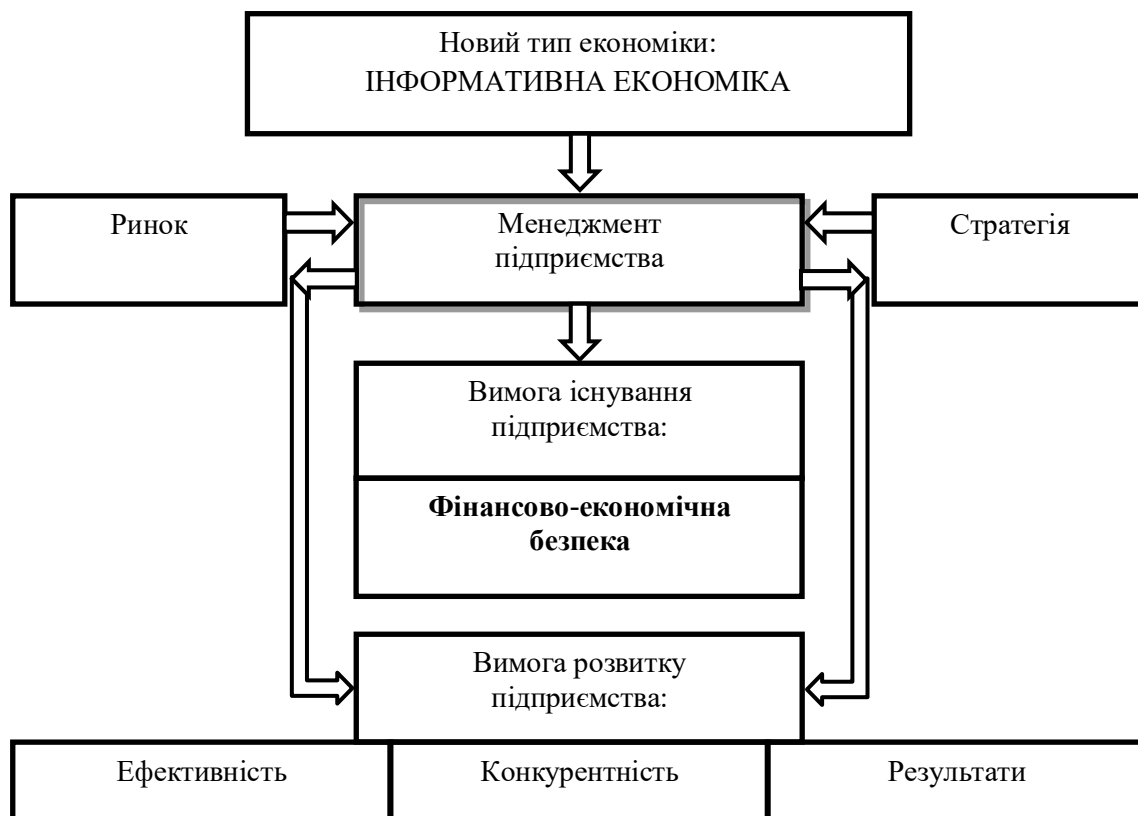


Рис. 2. Місце і роль фінансової безпеки в загальному менеджменті підприємства

Фінансово-економічна безпека – це перша й базова вимога до розвитку підприємства і вона визначає сам факт існування підприємства.

Висновок та напрямок подальших досліджень. Таким чином, представлені теоретико-методологічні підходи суттєво підвищують рівень і глибину розкриття важливих проблем фінансово-економічного розвитку підприємства.

Список літератури

1. Турило А.М., Корнух О.В., Турило А.А. Трансформація : характерні риси, вимоги до менеджменту корпорації та методологія оцінки. *Вісник Криворізького національного університету*. Серія: Економічні науки. 2018. Вип.46. С.191-195.
2. Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В. Удосконалення системи і класифікації фінансово-економічних показників, як чинник забезпечення ефективного менеджменту, обґрунтованої оцінки потенціалу та якісного розвитку підприємства. *Вісник Криворізького національного університету*. Серія: Економічні науки. 2022. № 54. С. 16-22.
3. Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В., Короленко С.М. Стратегія розвитку, корпоративне управління і людський капітал відносно економічної стратагеми, економічної девіації і фінансово-економічної безпеки в діяльності підприємства. *Вісник Криворізького національного університету*. Серія: Економічні науки. 2022. № 54. С. 109-114.
4. Турило А.А. Основи управління інноваційним розвитком підприємства : монографія. Кривий Ріг, 2017. 307 с.
5. Турило А.М., Турило А.А. Нова концепція ефективності : навч. посіб. Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2021. 132 с.
6. Васьківська К.В., Сич О.А. Фінансовий менеджмент : навч. посіб. Львів : Галич-Прес, 2017. 236 с.
7. Економіка підприємства : підруч. / за заг. ред. Л.Л. Ковальської та І.В. Кривов'язюка. К. : Кондор, 2020. 700 с.
8. Скоропад І.О., Курило О.Б., Чубка О.М., Дідух О.В., Кривецький І.О. Фінансова діяльність суб'єктів підприємства. : навч. посіб. Львів : Львівська політехніка, 2016. 344 с.
9. Ситник Н.С., Смолінська С.Д., Ясіновська І.Ф. Фінанси підприємств: навч. посіб. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 402 с.
10. Фінанси підприємств: підруч. / за заг. ред. А.М. Поддєрьогіна. К: КНЕУ, 2013. 519 с.

УДК 621.61

О.І. САВИЦЬКИЙ, С.А. РУБАН, кандидати техн. наук, доценти, К.О. ГОРБАЧ, магістрант
Криворізький національний університет

РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ З PWM-КЕРУВАННЯМ НА БАЗІ СТЕНДУ ПНЕВМОАВТОМАТИКИ КОМПАНІЇ FESTO

Мета роботи: Розширення функціональних можливостей процесів моделювання пневмосистем шляхом модернізації стенду компанії FESTO (одного з перших випусків) завдяки застосуванню додаткового сучасного контролера S7- 1200 Siemens.

Методи досліджень. Проведено лабораторні експериментальні дослідження сумісності нового контролера з наявним обладнанням, електронне моделювання процесів пневмосистем, а також теоретичний аналіз та узагальнення результатів досліджень за стандартними та новими методиками. Моделювання проведено у програмному забезпеченні FluidSim.

Наукова новизна. Виконано моделювання та розглянуті різні обмеження тиску дроселями зі зворотними клапанами для виявлення параметрів верхніх та нижніх частот при PWM-регулюванні руху штоків циліндрів. Запропоновані методи корекції параметрів дроселів при PWM- регулюванні руху штоків циліндрів, з урахуванням реальних процесів руху штоків циліндрів на лабораторному стенді.

Практична значимість. Поліпшення параметрів при PWM- регулюванні руху штоків циліндрів, в їхніх кінцевих положеннях, з метою зменшення сили удару деталей штоку об циліндр.

Результати. Наведено основні наукові та практичні результати для поліпшення параметрів характеристик при PWM- регулюванні руху штоків циліндрів в їхніх кінцевих положеннях. В результаті моделювання та фізичної реалізації визначено раціональний момент зняття прямого тиску та подачі протитиску, з урахуванням інерційності й руху штоків циліндрів в їхніх кінцевих положеннях, для поліпшення якості параметрів характеристик при PWM- регулюванні. При цьому знижується вплив ударів штоків об циліндр та відповідно збільшується їхній життєвий цикл.

Ключові слова: лабораторний стенд пневмоавтоматики, PWM - регулювання, динаміка кібер-фізичних систем, ПЛК S7-1200

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-93-98

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Проблема керування частотою поздовжніх коливань штока циліндра, як і просто контроль за його просуванням, є дійсно актуальною проблемою. Тому, для її вирішення, потрібен науковий підхід. Постійні зміни вимог до якості продуктів промисловості диктують правила для вдосконалення апаратної частини інструментів виробництва, в тому числі й мехатронних пристроїв [3,11,12]. Ці тенден-

ції значно впливають на технологічні процеси виробництва, наприклад у машинобудуванні, будівництві [10 - 12], у харчовій промисловості [4].

Аналіз досліджень і публікацій. Аналізуючи дослідження та публікації з питань, близьких до проблематики підвищення функціональних можливостей процесів моделювання, варто зазначити наступні роботи: Полілов Е.В. та ін., Дослідницький стенд для апробації алгоритмів керування складними електромеханічними системами[1]; Орловський І. А. та ін., Лабораторний стенд керування маніпулятором M10п від SCADA-системи TraceMode [2]. Цьому питанню також присвячено багато робіт за кордоном [3, 11,13].

Постановка задачі. За даними іноземних досліджень удосконалення систем на основі мехатроніки й пневматики[3,11,13] є стійкою тенденцією в розвитку автоматизації.

Одним із нових напрямків у цій сфері є вивчення та впровадження нових алгоритмів керування гібридними системами на основі програмованих контролерів як модульних універсальних, так і вбудованих.

Тому, у цій роботі поставлені такі задачі:

вирішити основні наукові та практичні результати для поліпшення параметрів характеристик при PWM - регулюванні пневматичних приводів;

удосконалити керування руху штоків циліндрів в їхніх кінцевих положеннях;

в результаті моделювання та фізичної реалізації на стенді, визначити раціональні параметри тиску при PWM - регулюванні у робочих діапазонах частот коливання;

визначити момент зняття прямого тиску та подачі протитиску, з урахуванням інерційності і руху штоків циліндрів в їхніх кінцевих положеннях для поліпшення якості параметрів характеристик при PWM - регулюванні.

При цьому знижується вплив ударів штоків об циліндр та відповідно збільшується їхній життєвий цикл.

Викладення матеріалу та результати. Для забезпечення можливості дослідження динаміки елементів кібер-фізичних систем, зокрема руху клапанів управління потоком, вирішено удосконалити лабораторний стенд пневмоавтоматики компанії FESTO шляхом заміни електронного блоку керування на ПЛК Simatic S7-1200, завдяки чому з'явилась функціональна можливість збільшення частоти перемикання дискретних виходів, а також можливість поєднання ПІД-алгоритму керування з функціями широтно-імпульсної модуляції. Це дозволяє здійснювати дослідження моделювання та аналіз ефективності PWM-регулювання при гальмуванні поршня спеціальним дроселюванням і протитиском.

Ключами у PWM-регулюванні виступають напівпровідники в режимі ключа. Такими ключами зазвичай є транзистори, тому що вони можуть мати два стійких стани: розімкнені (вимкнені), або замкнуті (перебувають в стані насичення).

У дискретному PWM-регулюванні частини поділеного періоду заповнюються прямокутними імпульсами. На середню величину на періоді безпосередньо впливає кількість прямокутних імпульсів.

При PWM-регулюванні прогальність прямокутного (імпульсного) сигналу змінна, а частота сигналу постійна. Середню напругу виходу PWM - регулятора можна міняти, змінюючи прогальність дискретних імпульсів [6-7].

На практиці, гальмування поршня методом дроселювання і протитиск виконується подачею стисненого повітря з комунікаційної лінії у вихлопну порожнину на виході пневмоциліндра і встановленням одностороннього клапана управління потоком[8- 9].

Для ввімкнення та вимкнення імпульсного виходу, який підтримує центральний процесор ПЛК, використовується інструкція "CTRL_PWM". Інструкції можна завантажувати в ПЛК за допомогою програмного забезпечення TIAPortal. Для початку роботи з даним блоком:

потрібно ввести ідентифікатор генератора імпульсів, яким планується керувати за допомогою PWM - регулювання;

якщо на вході ENABLE інструкції встановлена логічна одиниця, то імпульсний вихід ввімкнено.

Логічна одиниця на вході ENABLE дозволяє генератору імпульсів створювати імпульс з властивостями, які визначені в конфігурації пристрою. Відповідно, зворотна операція або відключення процесору(режим STOP) зупинить створення імпульсів в генераторі імпульсів.

Вхід BUSY завжди має значення логічного нуля для ПЛК S7-1200, тому що S7-1200 активує генератор імпульсів тільки коли виконується інструкція "CTRL_PWM".

Якщо вхід дозволу EN отримує сигнал логічної одиниці і під час реалізації команди не виникає жодних помилок, то цей сигнал передається до виходу дозволу ENO.

Для правильного виконання інструкції обов'язково потрібна активація конкретно визначеного генератора імпульсів в апаратній конфігурації ПЛК.

Для зміни тривалості імпульсу потрібно записати необхідні значення в адресу логічного слова на виході. Адреса логічного слова зазначена в конфігурації пристрою.

Приклад:

Для «Початкової тривалості імпульсу» (Initial pulse duration) використовується десяткове значення 400. Початкова адреса PTO/PWM — «2000», а кінцева адреса — «2001».

Двійкове значення "000000000000100" (дорівнює 400 десяткових) записується в обох байтах на виході: початкова адреса (AB2000): 0000_0000(BIN); кінцева адреса (AB2001): 0000_0100 (BIN).

При цьому потрібно звернути увагу на те, що тривалість імпульсу завжди залежить від формату параметрів, встановлених для тривалості імпульсу (соті, тисячні, ...).

Завдання дослідів:

1. Потрібно реалізувати схему пневмоприводу в програмному додатку FluidSim. На схемі пневмоциліндр двосторонньої дії повинен виштовхуватися при натисканні на кнопку без фіксації. Інший вхід циліндра повинен знаходитися під дією постійного тиску. Постійний тиск потрібно налаштувати через односторонній клапан управління потоком таким чином, щоб виштовхування пневмоциліндра гальмувалося. Для реалізації протитиску потрібно використати кнопку з фіксацією, перші дискретні вхід %I0.0 і вихід %Q0.0. При натисканні кнопки без фіксації поршень повинен повільно виштовхуватися поступальним тиском з початкового положення. На середині шляху штоку поршня повинен включатися PWM - регулятор. Повторним натисканням на кнопку без фіксації відбувається повернення пневмоциліндра у початковий стан.

2. Налаштувати функціональний блок PWM-регулятору в TIA Portal, який буде передавати сигнал логічної одиниці з будь-якого вільного дискретного входу за заданою частотою на восьмий дискретний вихід %Q0.7. Ввімкнення регулятора повинно відбуватись з восьмого дискретного входу %I0.7.

3. Побудувати графіки зміни станів поршня і тиску на його входах.

4. Побудувати виконану роботу на стенді.

Схема пневмоприводу складається з пневмоциліндра двосторонньої дії і 3/2 та 5/2 розподільників з одним соленоїдом. На входах пневмоциліндра встановимо 2 манометри і 2 односторонніх клапани управління потоком. Для фіксації середини шляху штоку поршня по середині циліндра встановимо магнітний датчик наближення (рис. 1 - 3).

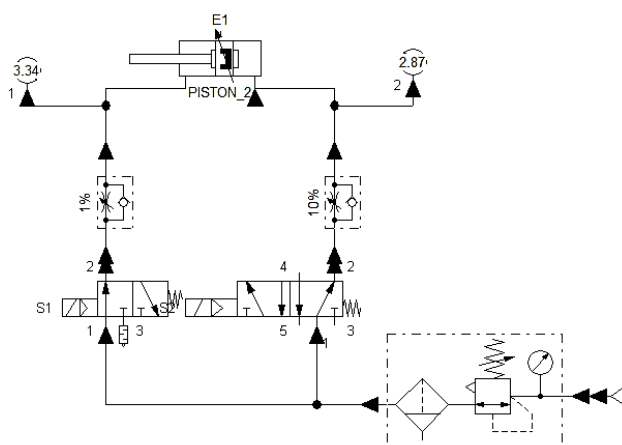


Рис. 1. Пневматична схема
(виштовхування поршня пневмоциліндра)

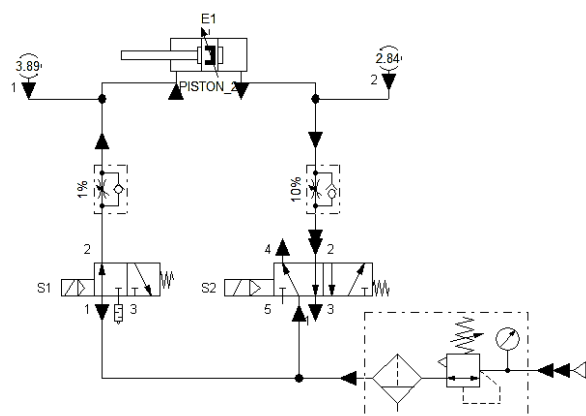


Рис. 2. Пневматична схема
(втягування поршня пневмоциліндра)

Вигляд логічної схеми всередині ПЛК у FluidSim зображений на рис. 4. На даній схемі між I2 і Q2 встановлене імпульсне реле, яке при подачі логічної одиниці на вхід по чергово змінює

свій стан на виході. Між входом I3 і виходом Q4 встановлений імпульсний генератор, налаштований на подачу сигналу через кожні 0.2 с.

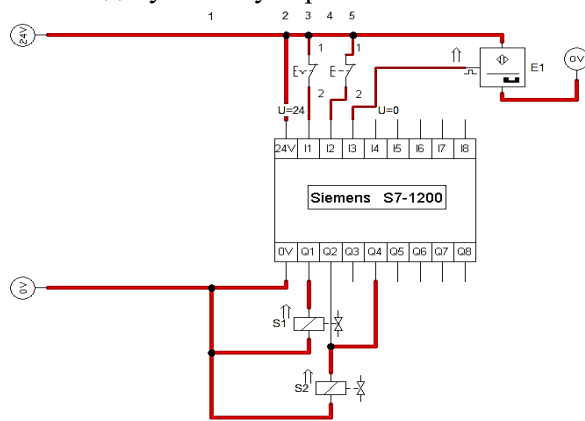


Рис. 3. Електрична схема випробування PWM - регулятора

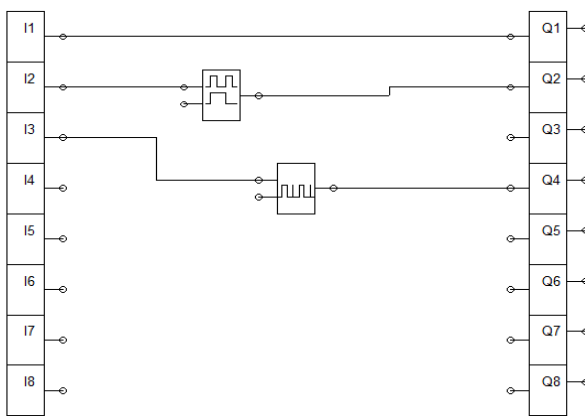


Рис. 4. Вигляд логічної схеми ПЛК у FluidSim

В поданні пристрою подвійним натисканням на ПЛК відкриємо властивості модуля (рис. 5). В розділі «Pulse generators (PTO/PWM)» (Генератори імпульсів), відкриємо потрібний PTO/PWM та активуємо функцію «Enable this pulse generator» (Активувати цей генератор імпульсів) у розділі «General» (Загальні).

Перейдіть до «Parameter assignment» (Призначення параметрів) і встановіть «Signal type» (Тип сигналу) «PWM» (ШІМ).

Налаштування тривалості імпульсу, яке відбувається в діалоговому вікні «Pulse options» (Параметри імпульсу), можна змінити з програми користувача.

Значення, встановлене для «Initial pulse duration» (Початкова тривалість імпульсу), записується у байти на виході генератора імпульсів. Початкова (Start) та кінцева (End) адреси відображаються у властивостях генератора імпульсів з розділу «I/O addresses» (Адреси вводу/виводу). Присвоїмо сигнал виходу PWM - регулятора до восьмого дискретного виходу %Q0.7 і задамо комірки пам'яті для змінних PWM- регулятора (рис. 6).

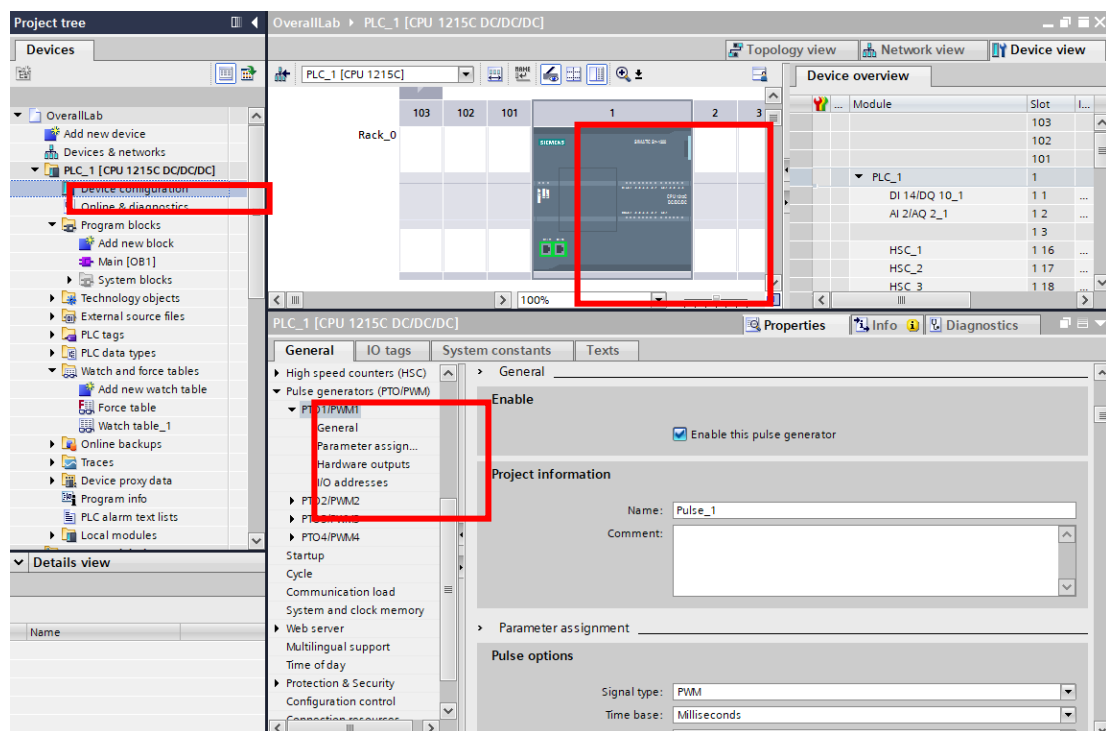


Рис. 5. Налаштування процесорного модуля під PWM - регулювання

З меню розширених інструкцій (рис. 7) перетягнемо блок «CTRL_PWM». Під'єднаємо всі входи PWM- регулятора відповідно до завдання (рис. 8).

Через кожні 0.265 секунди такий PWM- регулятор буде генерувати логічну одиницю на встановленому дискретному виході %Q0.7.

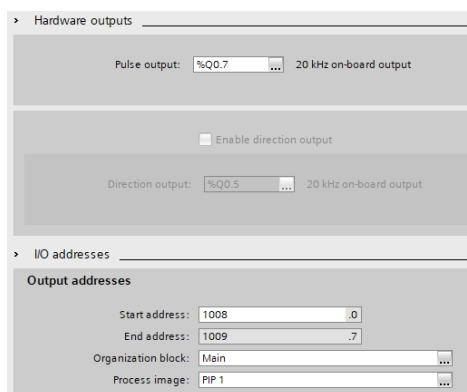


Рис. 6. Налаштування вводу/виводу для PWM - регулювання

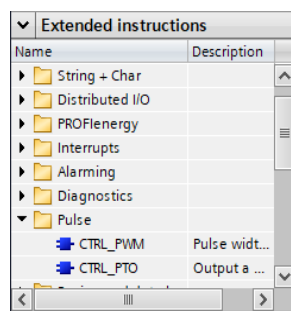


Рис. 7. Розширені інструкції

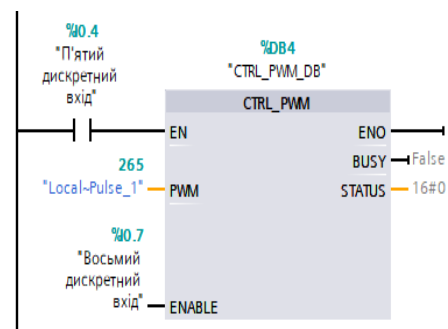


Рис. 8. Налаштування PWM- регулятора

Графіки зміни характеристик і тиску пневмоциліндра двосторонньої дії на його входах в залежності від позиції поршня можна побачити на рис. 9 – 10.

На початку руху швидкість поршня є максимальною. Як тільки шток поршня досягає відмітки в 50 мм (на якій встановлений магнітний датчик наближення), то 5/2 розподільник починає змінювати свій стан із заданою у PWM- регуляторі частотою.

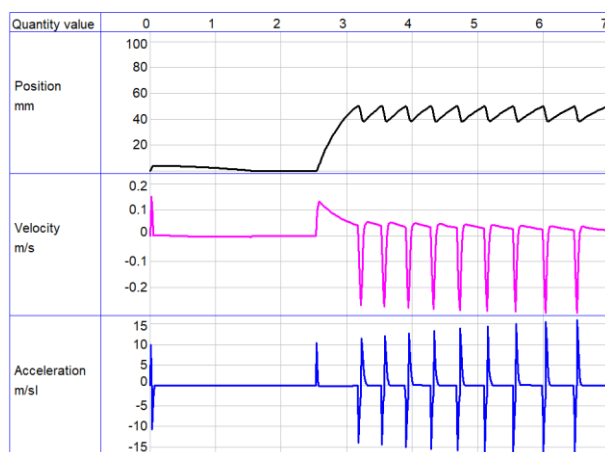


Рис. 9. Графіки зміни характеристик пневмоциліндра

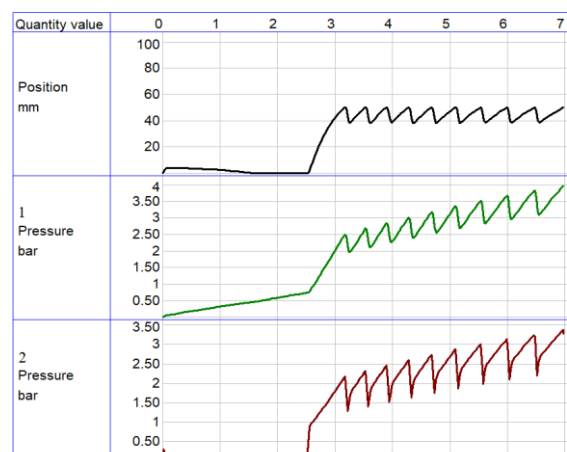


Рис. 10. Графіки зміни тиску на входах пневмоциліндра

Внаслідок таких коливань, у момент спрацьовування магнітного датчика наближення, протитиск виштовхує поршень у протилежному напрямку, що також видно з графіків. Тиск на обох входах пневмоциліндра накопичується і з часом зростає. Завдяки цьому збільшується і швидкість з прискоренням.

У якийсь момент часу на другому манометрі тиск почне коливатися в діапазоні від 2.43 бар до 3.48 бар, не збільшуючи екстремуму. На першому манометрі, який демонструє зміну протитиску, значення стабілізуються в діапазоні 3.26 – 4.08 бар. Через те, що накопичений тиск в пневмоциліндрі підсумовується із робочим тиском на компресорі максимальне значення протитиску стає більшим, ніж встановлений тиск на компресорі.

Така система може служити у будь-якому процесі, в якому потрібна відбійна або вібраційна сила. Наприклад: відбивання м'яса, організація коливань вібростолу[4] для кращого просочення м'яса, риби або приготування спеціального розчину цементу.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Наведено основні наукові та практичні результати для поліпшення параметрів характеристик при PWM - регулюванні руху штоків циліндрів в їхніх кінцевих положеннях. В результаті моделювання та фізичної реалізації визначено раціональний момент зняття прямого тиску та подачі протитиску, з урахуванням інерцій-

ності і руху штоків циліндрів в їхніх кінцевих положеннях, для поліпшення якості параметрів характеристик при PWM - регулюванні. При цьому знижується вплив ударів штоків об циліндр та відповідно збільшується їхній життєвий цикл.

Для подальших досліджень у цій темі можлива, наприклад, розробка і розрахунок алгоритмів керування при змінному моменту інерції об'єкту, наприклад, розчину цементу тощо. Це дозволило би покращити якості розчину, та збільшити життєвий цикл роботи циліндрів.

Список літератури

1. **Е.В. Полилов, А.М. Батрак, Е.С. Руднев, С.П. Скорик, П.В. Горелов** Донбасский государственный технический университет. Исследовательский стенд для апробации алгоритмов управления сложными электромеханическими системами. 2011 -7с.: веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/305334006_ISSLEDOVATELSKIJ_STEND_DLA_APROBACII_ALGORITMOV_UPRAVLENIA_SLOZNYMI_ELEKTROMECHANICESKIMI_SISTEMAMI.
2. **Орловський І. А., КратО. І., Зав'язун П. П., Бірюков Ю. С.** Лабораторний стенд керування маніпулятором M10П від Scada-системи TraceMode. Електротехніка та електроенергетика. 2013. № 2. – С 54-61.
3. **Dr. Maged Mikhail, Prof. Gregory P. Neff.** A Non-Commercial Pneumatic Trainer with PLC Control. ASEE's 123rd Annual Conference & Exposition. New Orleans , LA June 26-29, 2016. PaperID#17334, pp. 1-7.
4. **Лимонов Г.Е., Борвинкова О Н, Смирнова Л.В.** Вибрационная техника и технология в мясной промышленности. -М.; Агропромиздат, 1989.-231с.
5. **Прокопов М. Г.** Конструкции элементов пневмоагрегатов : учебное пособие / М. Г. Прокопов, С. М. Ванеев, В. Н. Козин. – Сумы : Сумский государственный университет, 2015. – 148 с.
6. **Омельченко В. О., Санніков В. Г.** Теорія електричного зв'язку. Під ред. **В. О. Омельченка**. – К.: ІСДО, 1997 – Ч.3.
7. **Слепов Н. Н., Дроздов Б. В.** Широотно- імпульсна модуляція: Під ред. **А. А. Булгакова**. – М.: Енергія, 1978. – 192 с.
8. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9 кн. Кн. 2. Приводы робототехнических систем / **Ж.П. Ахромеев, Н.Д. Дмитриева, В.М. Лохин** и др.; Под ред. **И.М. Макарова**. – М.: Высш. шк., 1986. – 175 с.
9. Системы управления промышленными роботами и манипуляторами / **Е.И. Юревич, Ю.Д. Андрианов, С.И. Новаченко** и др. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 184 с.
10. Festo Didactic SE. Fluid power: Book. Esslingen : 2019. P. 172. URL: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/468166/56823_2019-11_en_PG_P-H_Screen.pdf (Last accessed:01.12.2021).
11. Festo Didactic SE. Factory Automation: Book. Esslingen : 2021. P. 256. URL: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/468161/PG-FA_en_2021-02_56826_Screen.pdf (Last accessed:01.12.2021).
12. Festo Didactic GmbH & Co. KG. Учебные системы 2012: підручник. Esslingen: 2011. 420 с. URL: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/53887/didactic_katalog_2012_RU.pdf (дата звернення: 01.12.2021).
13. **Haring W., Metzger M., Weber R.-C.** Festo Didactic Workbook TP 202 : підручник. Denkendorf: 2015. P. 48. URL: https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/541091_leseprobe_en_2.pdf (Last accessed: 01.12.2021).

УДК 622.73:681.516.7

І. А. МАРИНИЧ, канд. техн. наук, доц., **О. Ю. СЕРДЮК**, канд. техн. наук, ст. викл.
Криворізький національний університет

СИНТЕЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПОДРІБНЮЮЧИМ АГРЕГАТОМ НА БАЗІ НЕЧІТКІЇ ЛОГІКИ

Мета. Метою даної роботи є підвищення продуктивності подрібнювального агрегату залізних руд та якості подрібненого вихідного продукту, шляхом удосконалення автоматизованої системи керування стабілізацією транспортування матеріалу всередині кульового млина з використанням нечіткої логіки.

Методи дослідження. У роботі використано методи теорії автоматичного керування та теорії ідентифікації систем для вибору і обґрунтування структури математичної моделі об'єкту керування, методи імітаційного і комп'ютерного моделювання для тестування розробленої системи на ЕОМ.

Наукова новизна. Отримав подальший розвиток метод керування процесами подрібнення сировини шляхом застосування правил нечіткої логіки та можливість представлення моделі за допомогою бібліотек *SimHydraulics*, *SimMechanics* та *SimDriveline* середовища *Matlab&Simulink*, яка дозволяє об'єднувати у моделі фізичні об'єкти з передаточними функціями для більш реального відображення синтезуємої системи.

Практична значимість. Теоретичні дослідження та комп'ютерне моделювання довели потенціальні можливості застосування інтелектуальних підходів щодо ідентифікації, керування та оптимізації технологічних процесів збагачення. У першу чергу це стосується сучасних напрямів розвитку штучного інтелекту: нечіткої логіки, тому що регулювання процесу подрібнення вимагає не тільки безперервного регулювання, а й логічного управління, яке при

необхідності може змінювати стратегію регулювання. Отже, отримані результати можуть бути застосовані при розробці автоматизованих систем управління, які використовують інтелектуальні методи ідентифікації та синтезу.

Результати. Досліджено залежність показників руди від значення води, а саме те, що особливістю роботи барабанного млина є те, що подрібнення руди відбувається в рідкому середовищі, яке є складовою частиною готового продукту - рудної пульпи. Кінцевим продуктом барабанного млина є пульпа із заданим співвідношенням руда-вода, що дозволяє забезпечити можливість поділу її при гравітаційному і магнітному впливі на рудну і нерудну складові. При цьому вода є транспортуючим засобом для виведення готової фракції для подальшої переробки. Тобто, технологічний цикл подрібнення ґрунтується на встановленні оптимального співвідношення руда-вода стосовно конкретних фізико-механічних властивостей, руди, що переробляється. На основі отриманих математичних моделей було виконано комп'ютерне моделювання системи автоматичного керування на базі класичних регуляторів та на базі нечіткої логіки. Аналіз результатів моделювання запропонованої системи показує, що функція належності забезпечує постійну подачу води в млин з урахуванням обсягу руди, що завантажуються, в оптимальному обсязі, достатньому для утворення пульпи, необхідної щільності. Отже можна зробити висновок про адекватність результатів моделювання.

Ключові слова: автоматизація, класифікатор, кульовий млин, моделювання, нечітка логіка, подрібнення.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-98-105

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Виходячи з того, що основною задачею будь-якого рішення автоматизації процесу збагачення є отримання концентрату з найвищими показниками якості, такими як вміст корисного компоненту, зменшення хвостів та шкідливих домішок для більш ефективного використання на подальших стадіях переділу[1]. Не зважаючи на досить велике різноманіття технологічних схем, що використовуються при збагаченні, практично на всіх гірничо-збагачувальних комбінатах використовуються попередні стадії підготовки сировини, такі як дроблення та подрібнення. Навіть розглядаючи схожі процеси для інших корисних копалин можна дійти висновку, що всі ці операції характеризуються такими схожими властивостями, як нестационарність та багатозв'язність. [2]. Також можна сюди віднести і те, що усі ці процеси нелінійні. Відповідно вирішення задач підвищення ефективності систем керування процесами дроблення-подрібнення, які розглядаються як взаємопов'язані процеси, дозволить перенести такі рішення або застосовувати ці підходи при вирішенні аналогічних задач збагачувального виробництва.

Аналіз процесів дроблення та подрібнення показує, що за енерговитратністю процеси подрібнення значно переважають процеси дроблення, тому більшість існуючих рішень стосується саме автоматизації стадій подрібнення, тому що саме вони забезпечують вхідний потік рудної сировини на подальші стадії збагачення. Але навіть такі досить прості завдання, як підтримання внутрімлинного навантаження досить часто не дозволяє отримати бажані результати, а це в свою чергу впливає на оптимальну роботу усієї технологічної лінії.

Аналіз досліджень та публікацій. Процеси подрібнення є, з одного боку, визначальними щодо якості кінцевого продукту при збагаченні залізних руд, а з іншого боку, найбільш енергозатратними. Тому проблема підвищення ефективності та оптимізації цих процесів викликає інтерес багатьох дослідників. Одним із шляхів вирішення цих проблем є удосконалення автоматизованого керування процесами подрібнення. На сьогоднішній день розроблена значна кількість різних моделей, алгоритмів, методів і схем для побудови автоматизованих систем. Значний внесок у вирішення науково-технічних завдань керування процесами збагачення залізних руд внесли такі вітчизняні та закордонні вчені як: О. М. Марюта, В. С. Моркун, В. М. Чермалих, В. С. Процуто, Л. Лінч та ін. [2-7]. Ними були представлені основні підходи при проектуванні таких систем, розглянуті процеси збагачення, подрібнення, дроблення у вигляді об'єктів керування, визначені усі впливи (керуючі, збуджуючі) діючі на них, представлені залежності та властивості характеристик у статичних та динамічних режимах роботи, визначені співвідношення різних стадій гірничо-збагачувального комплексу та інші показники та залежності, що використовуються для автоматизації таких процесів.

Так в роботі [6] пропонується система екстремального регулювання циклу подрібнення на границі області стійкості. Система підтримує максимальну продуктивність млина за рахунок зміни подачі руди в млин з урахуванням фізико-механічних властивостей руди та її гранулометричного складу.

Відома автоматизована система управління процесом збагачення руди, яку описано у статті [8]. Ця система керування містить у своєму складі експертну систему, що складається з електронної обчислювальної машини та програми, яка призначена для накопичення масиву статистичних даних про об'єми та якість продуктів збагачення з наступним прогнозуванням режимів

роботи замкнутої системи млин-спіральний класифікатор. Недоліком цієї системи керування є те, що вона існує тільки у вигляді комп'ютерної програми і всі дані про 10 технологічних параметрів продуктів збагачення треба вводити вручну, що призводить до неможливості управління процесом помелу у реальному масштабі часу.

Проведений аналіз попередніх робіт та схеми керування запропонованої у роботі [9] підтверджує, що розробка нових методів та підходів при вирішенні задач автоматизації процесів в яких інформацію про показники роботи отримати неможливо або досить складно використання нечітких підходів є досить актуальним. А основною метою автоматизації цих процесів є не тільки оптимізація технологічних параметрів, а також досягнення економічного ефекту у вигляді максимізації прибутку з одночасною мінімізацією витрат.

Постановка задачі. Завданням даної роботи є синтез системи автоматичного керування з метою підвищення якості подрібненого вихідного продукту, шляхом удосконалення автоматизованої системи керування стабілізацією транспортування матеріалу всередині кульового млина з використанням нечіткої логіки та представлення моделі за допомогою бібліотек *Simulink*, *SimHydraulics*, *SimMechanics* та *SimDrivelin* середовища *Matlab&Simulink*, яка дозволяє об'єднувати фізичні об'єкти з передаточними функціями для більш реального відображення синтезуємої системи.

Викладення матеріалу та результати. Розкриття мінералу в процесі подрібнення залежить від співвідношення «рідке - тверде» в млині. Це співвідношення не є константою, воно залежить від властивостей руди [10]. Для гірських порід через складність їх структури, неоднорідності структури і щільності, наявності дефектів і інших чинників автоматичне вимірювання параметрів руд, що характеризують їх фізико-механічні властивості, ускладнене або неможливе.

Але можливе врахування обсягу вхідної руди з добувних ділянок або проміжних складів усереднення в прийомні бункера комплексу збагачення. Тому, при врахуванні транспортних затримок і перемішування можливе отримання непрямих даних про фізико-механічні властивості усередненої руди, що подається на подрібнення. Як наслідок, стає можливим створення систем оптимального управління процесом подрібнення. В роботі як типовий процес в якості предмета дослідження обрано процес подрібнення промпродукту в кульових млинах по параметру співвідношення «руда-вода» в залежності від складу вхідної сировини.

При математичному описі елементів системи були отримані математичні моделі кульового млина та класифікатора у операторній формі по різних каналах:

Математична модель млина по каналу «продуктивність - вихід твердого в розвантаження»

$$\frac{1}{k} \cdot s \cdot \Delta q_{вих.м}(s) = \Delta Q(s) - \Delta q_{вих.м}(s),$$

де Q – продуктивність млина по вихідній руді; $q_{вих.м}$ – вихід твердого в розвантаження млина; k – коефіцієнт, що визначає витратні характеристики розвантажувальної цапфи.

Математична модель млина по каналу «продуктивність - вихід крупних класів в розвантаження»

$$\frac{1}{k_{кр} + k_e} \cdot s \cdot \Delta q_{вих.кр}(s) + \Delta q_{вих.кр}(s) = \frac{\alpha_{кр} k_e}{k_{кр} + k_e} \Delta Q(s),$$

де k_e – коефіцієнт, який визначається гідравлічними процесами в барабані млина; $\alpha_{кр}$ – відносний вміст цього класу в вихідній руді; $k_{кр}$ – відносна швидкість подрібнення класу; $q_{вих.кр}$ – вихід класу в розвантаження млина.

Математична модель класифікатора по каналу «витрата води в класифікатор – об'ємна витрата зливу»

$$\frac{1}{k_{зл}} \cdot s \cdot \Delta q_{зл}(s) + \Delta q_{зл}(s) = \Delta q_{вх.в}(s),$$

де $\Delta q_{вх.в}$ – об'ємні витрати води з пульпою; $\Delta q_{зл}$ – об'ємні витрати пульпи зі зливом; $k_{зл}$ – коефіцієнт, що зв'язує витрату пульпи через зливний поріг класифікатора з об'ємом пульпи в кориті класифікатора, який визначається гідравлічними властивостями класифікатора

Математична модель класифікуючого апарату по каналу «витрата води - щільність зливу»

$$V \cdot \frac{d \Delta \rho_n}{dt} = \Delta Q_{под} + \Delta Q_v - \Delta Q_{ніск} - \Delta Q_{зл},$$

де V – об'єм пульпи в класифікуючому апараті, $V=const$; ΔQ_{nod} – приріст витрат подрібненого матеріалу; ΔQ_{nick} – приріст витрат пісків класифікатора; ΔQ_{zl} – приріст витрат готового продукту в злив класифікатора; ΔQ_6 – приріст витрат води в процес класифікації; ρ_n – щільність пульпи в класифікуючому апараті.

З урахуванням того, що

$$\Delta Q_{nick} = 0, \quad \Delta Q_{nod} = 0, \quad \Delta Q_{zl} = k_2 \cdot \Delta p_{zl}, \quad \Delta p_{zl} = k_1 \cdot \Delta p_n.$$

остаточно отримаємо

$$\frac{V}{k_1 k_2} s \cdot \Delta p_{zl}(s) + \Delta p_{zl}(s) = \frac{1}{k_2} \Delta Q_6(s).$$

На основі наведених математичних моделей були отримані передаточні функції для моделювання у середовищі *Matlab&Simulink* з застосуванням бібліотек *Simulink*, *SimHydraulics*, *SimMechanics* та *SimDriveline*, що дозволяє об'єднувати у моделі фізичні об'єкти з передаточними функціями для більш реального відображення моделі. Так наприклад на рисунках 1, 2 наведено такі моделі, що є складовими загальної моделі системи.

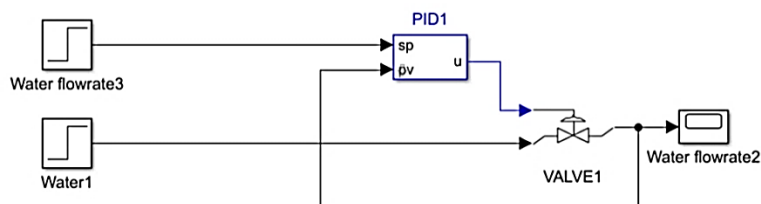


Рис. 1. Модель системи керування виконуючим пристроєм подачі води в злив класифікатора з ПІД-регулятором

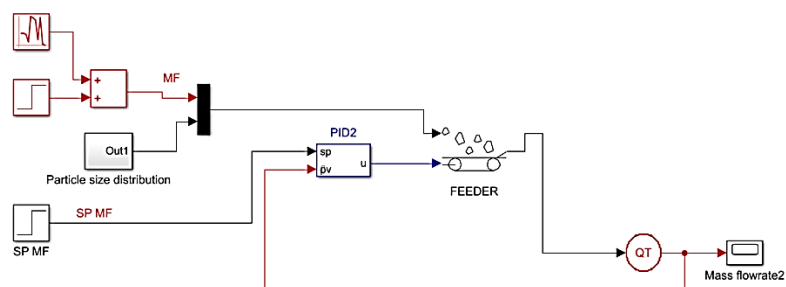


Рис. 2. Модель системи керування живильника подачі дробленої руди в млин з ПІД-регулятором

Модель системи автоматичного керування кульового млина в замкнутому циклі подрібнення з класифікатором та виконуючими пристроями його завантаження представлена на рис. 3. Модель побудована з використанням класичних ПІД регуляторів для керування відповідними параметрами. Налаштування регуляторів виконуються класичним способом на основі параметрів моделі об'єкта керування.

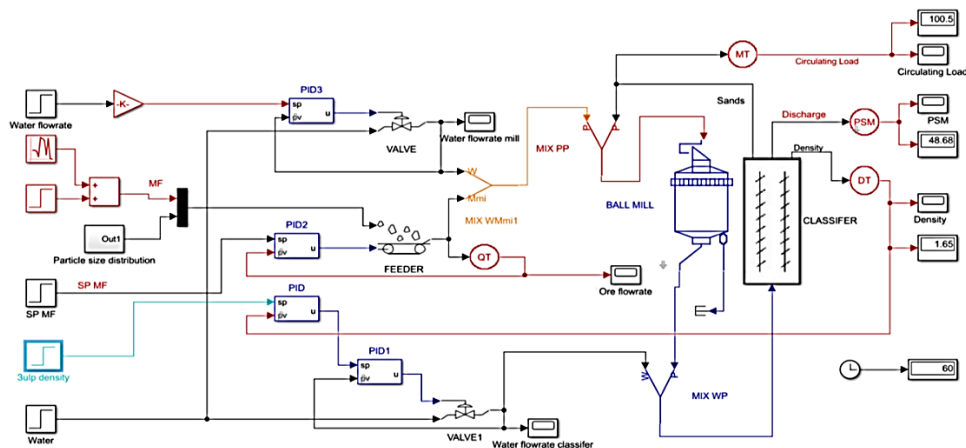


Рис. 3. Модель САК кульового млина в замкнутому циклі подрібнення з класифікатором та виконуючими пристроями його завантаження

Результати моделювання представлені на наступних графіках (рис. 4, 5).

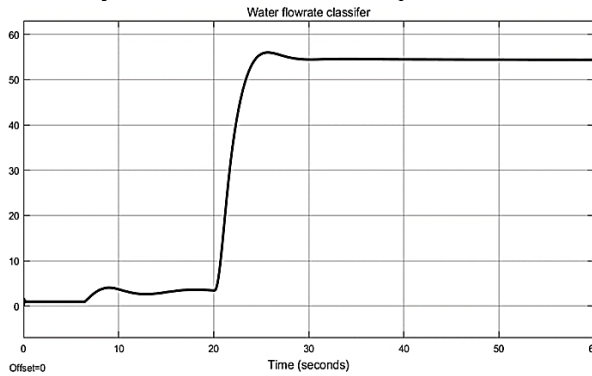


Рис. 4. Витрати води в злив класифікатора

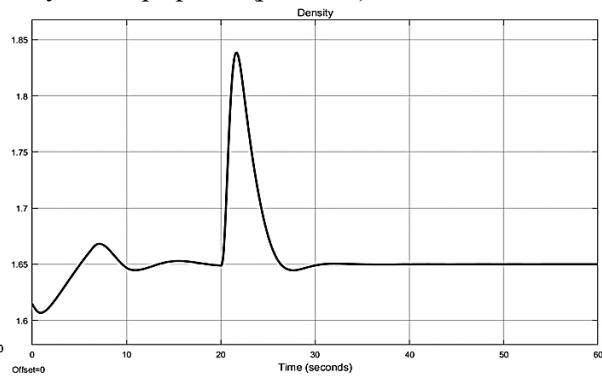


Рис. 5. Щільність пульпи в зливні класифікатора

На рис. 6 представлений графік циркуляційного навантаження (масові витрати твердого в пульпі, що надходять в млин з класифікатора («піски»)). Усталене значення становить близько 100%, а на рис. 7 представлений графік масової частки (у відсотках) твердого готового класу, що надходить на збагачення (вихідний продукт). Усталене значення становить близько 48%.

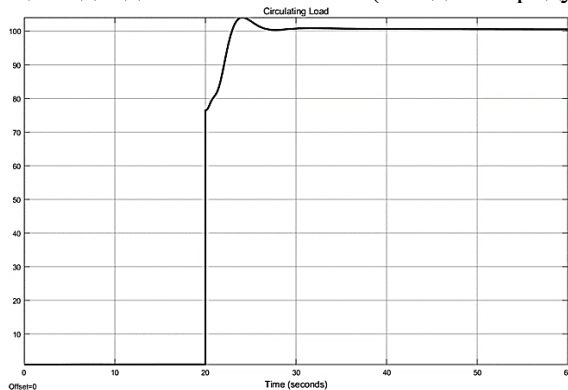


Рис. 6. Циркуляційне навантаження

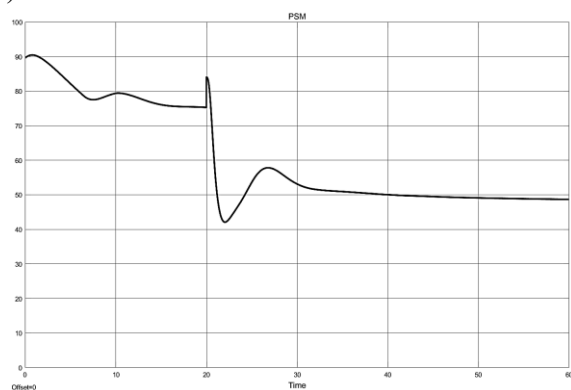


Рис. 7. Масова частка твердого готового класу

Тепер отримаємо модель цієї самої системи на базі нечіткої логіки та порівняємо результати.

Fuzzy Logic Toolbox – це пакет прикладних програм, що входять до складу середовища *MatLab*. Він дозволяє створювати системи нечіткого логічного виведення і нечіткої класифікації в рамках середовища *MatLab* з можливістю їх інтеграції в *Simulink*. Алгоритми нечіткого виведення різняться, головним чином, видом використовуваних правил, логічних операцій і різновидом методу дефазифікації. Розроблені моделі нечіткого виведення Мамдані, Сугено, Ларсена, Цукамото [11, 12]. Для реалізації системи з набором правил у базі даних системи використовуємо саме алгоритм Мамдані.

На підставі досліджених даних необхідні множини лінгвістичних змінних та відповідних термів для параметрів, що входять до нечітких множин із відповідними значеннями функції належності для кожного елементу, визначають у такий спосіб: залежність значень функції належності забезпечує постійну подачу води в млин з урахуванням обсягу руди, що завантажуються, в оптимальному обсязі, достатньому для утворення пульпи.

Логічне виведення здійснюється на підставі нечіткого алгоритму, базу знань якого сформовано у вигляді правил утворення пульпи, достатньої щільності для правильного протікання технологічного процесу, тобто співвідношення руда-вода повинно бути в межах 25-30% від кількості твердої фази, при цьому вода є транспортуючим засобом для виведення готової фракції для подальшої переробки. При зменшенні кількості подачі води пульпа в млині стає менш рухомою, що негативно позначається на продуктивності млина. Зі збільшенням розрідження пульпи в млинах зменшується продуктивна щільність продукту, що призводить до зниження ефективності подрібнення і збільшення кількості матеріалу, який повертається апаратами класифікації на повторне подрібнення.

Логічні правила мають наступний вигляд:

якщо співвідношення руда/вода в межах 70:30 при максимальних значеннях подачі в млин твердої та рідкої фази, то щільність пульпи на виході є оптимальною;

якщо співвідношення руда/вода в межах 70:30 при мінімальних значеннях подачі в млин твердої та рідкої фази, то щільність пульпи на виході є оптимальною;

якщо співвідношення руда/вода в межах 70:30 при середніх значеннях подачі в млин твердої та рідкої фази, то щільність пульпи на виході є оптимальною;

якщо руди подано в млин мінімальну кількість, а води – максимальну, то необхідно підсилити подачу води в млин або послабити подачу руди;

якщо руди подано в млин максимальну кількість, а води – оптимальну, то необхідно послабити подачу руди в млин або посилити подачу води;

якщо одного з параметрів не має, автоматично посилюємо його подачу для врегулювання співвідношення руда/вода в межах 70/30.

У *Fuzzy Logic* – редакторі створено нечітку систему (рис.8), що має дві вхідні змінні, а саме: витрата води (назва змінної в редакторі *water*) та витрата руди (назва змінної – *ore*). Вихідна змінна – це вихід, що генерує система на базі нечітких правил. Для даної системи вихідна змінна – це співвідношення руда/вода, що впливає на якість пульпи (назва – *plotnost-pulpy*).

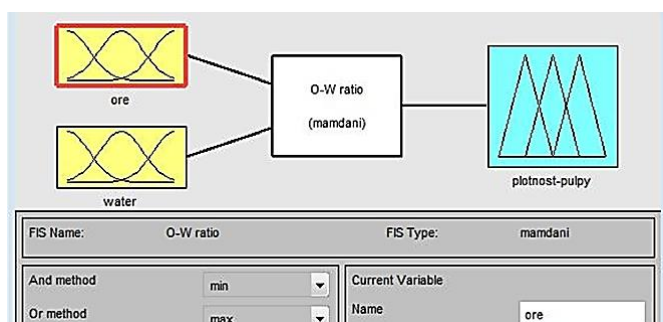


Рис. 8. Нечітка система, що керує співвідношенням руда/вода, для підтримання щільності пульпи на необхідному рівні

Для вхідної змінної *water* необхідно реалізувати три терми: недостатня кількість (*min*), оптимальна (*norm*), перевищення норми (*max*). Діапазон для витрати води вимірюємо у відсотках [0; 100]. В редакторі задано відповідні значення для термів вхідної змінної *water* таким чином:

min [0 10 20], *norm* [27 30 35], *max* [32 65 100]. Для вхідної змінної *ore* необхідно реалізувати три терми: недостатня кількість (*min*), оптимальна (*norm*), перевищення норми (*max*). Діапазон для витрати руди вимірюємо у відсотках [0; 100]. В редакторі задано відповідні значення для термів вхідної змінної *ore* таким чином: *min* [0 35 63], *norm* [60 70 80], *max* [75 85 100]. Вихідна змінна *plotnost-pulpy* характеризує, наскільки необхідно відрегулювати співвідношення руда/вода, що впливає на якість пульпи, тобто підвищити чи знизити подачу води або руди в млин

Модель системи автоматичного керування кульовим млином з нечітким регулятором співвідношення «руда-вода» представлена на рис. 9.

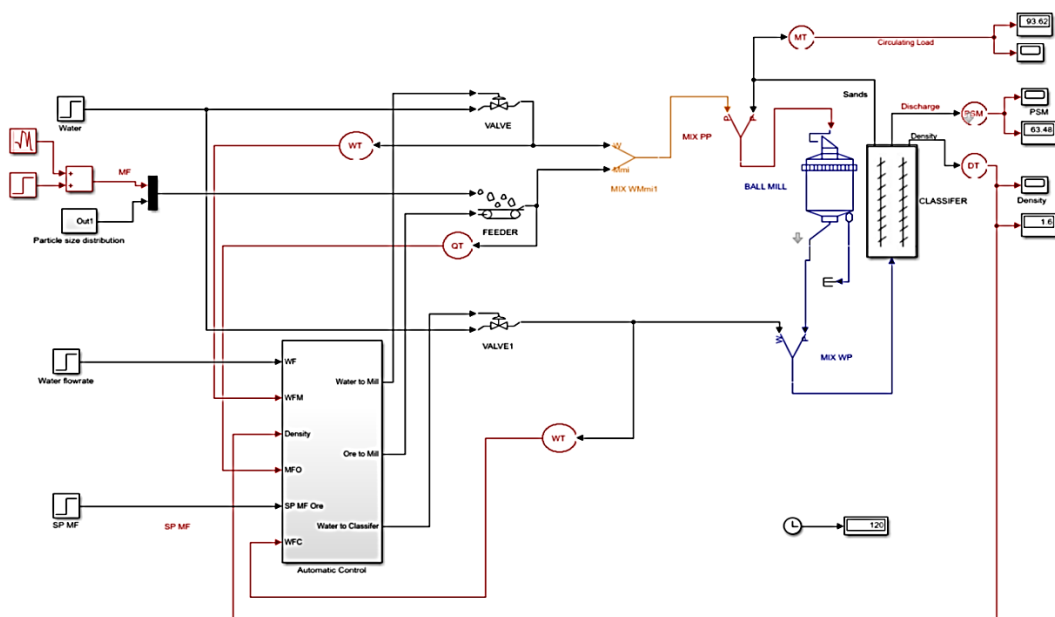


Рис. 9. Модель САК кульовим млином з нечітким регулятором співвідношення «руда-вода»

Позначення вхідних та вихідних параметрів пристрою автоматичного керування кульовим млином з нечітким регулятором співвідношення «руда-вода» на схемі моделі *Automatic Control*: *WF* – завдання регулювання подачі води в млин; *WFM* – сигнал з датчика витрат води в млин; *Density* – сигнал з щільноміра в злив класифікатора; *MFO* – сигнал з конвеєрних ваг, що вимірюють витрати руди в млин; *SP MF Ore* – завдання на регулювання подачі руди живильником в млин; *WFC* – сигнал з датчика витрат води в злив класифікатора; *Water to Mill* – вихід на виконуючий пристрій регулювання подачі води в млин; *Ore to Mill* – вихід на стрічковий живильник подачі руди в млин; *Water to Classifier* – вихід на виконуючий пристрій регулювання подачі води в злив класифікатора.

Результати моделювання представлені на відповідних графіках (рис. 10-12).

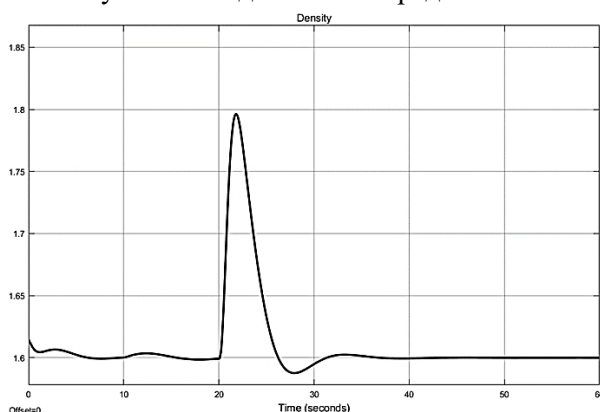


Рис. 10. Щільність пульпи в злив класифікатора

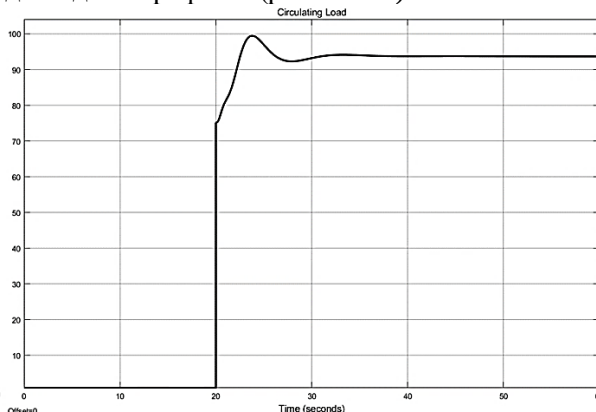


Рис. 11. Циркуляційне навантаження

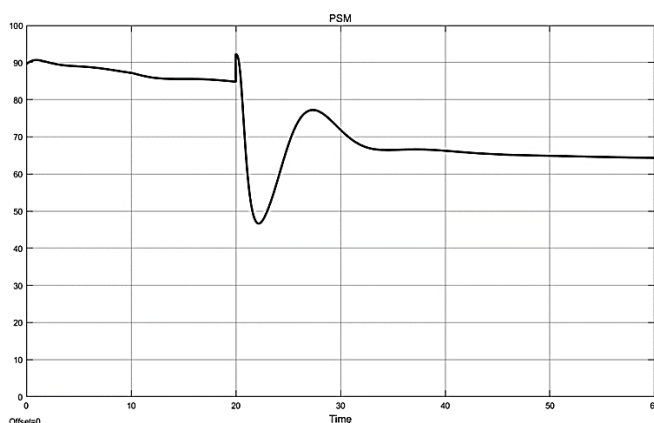


Рис. 12. Масова частка (%) твердого готового класу, що надходить на збагачення (вихідний продукт)

На підставі досліджених даних було зроблено висновок, що функція належності забезпечує постійну подачу води в млин з урахуванням обсягу руди, що завантажується, в оптимальному обсязі, достатньому для утворення пульпи, необхідної щільності. Отже можна зробити висновок про адекватність результатів моделювання.

Висновки та напрям подальших досліджень. Аналіз наведених графіків показує, що перехідні характеристики, отримані за допомогою моделювання, відповідають даним, отриманим на підприємстві, а саме:

$\gamma_{3л} = 43\% \text{ тв.}$, а згідно даних отриманих на підприємстві $\gamma_{3л} = 48\% \text{ тв.}$; $Q_{3л} = 190 \text{ т/год.}$, а згідно даних отриманих на підприємстві, $Q_{3л} = 200 \text{ т/год.}$; $\alpha_{3л} = 35\%$, а згідно даних отриманих на підприємстві, $\alpha_{3л} = 35,2\%$. Отже, отримані результати можуть бути застосовані при розробці автоматизованих систем управління, які використовують інтелектуальні методи ідентифікації та синтезу.

Список літератури

1. Авдохин В. М. Основы обогащения полезных ископаемых. Обогажительные процессы, Т.1. – М.: МГГУ, 2008. – 375с.
2. Марюта А. Н., Качан Ю. Г., Бунько В. А. Автоматическое управление технологическими процессами обогащательных фабрик: Учебн. для студ. Вузов. – М.: Недра, 1983. – 277 с.
3. Моркун В. С., Цокуренко А. А., Луценко И. А. Адаптивные системы оптимального управления технологическими процессами. – Кривой Рог: Минерал, 2005. – 261 с.
4. Сигул Р. И. Автоматизированное управление процессами обогащения и агломерации железных руд и концентратов. – М.: Недра, 1989. – 191 с.
5. А. Дж. Линч. Циклы дробления и измельчения. – М.: Недра, 1981. – 342 с.
6. Процуто В. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами обогащательных фабрик. – М.: Недра, 1987. – 253 с.

7. Марюта А. Н. Обоснование принципов построения оптимальных комбинированных САУ на магнитообогатительных фабриках // Вісник Криворізького технічного університету. – 2005. – № 6. – С. 152-155.
8. Фарис Самир Расми Альхори, Алексеев М. А. Автоматизированный контроль степени заполнения барабанных мельниц рудой // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2014. – № 4. – С. 13-19.
9. Кондратець В. О., Сербул О. М. Обґрунтування системи комп'ютерної ідентифікації та регулювання розрізнення пульпи у кульових млинах з циркулюючим навантаженням // Вісник Криворізького національного університету. – 2013. – Вип. 34. – С. 45-50.
10. Туз А. А., Санаева Г. Н., Пророков А. Е. Управление технологическими процессами измельчения и основные направления их автоматизации // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2016. – Том 8(2). – С. 37-44.
11. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.
12. Abonyi J., Nagy L., Szeifert F. Hybrid fuzzy convolution modelling and identification of chemical process systems // International Journal of Systems Science. – 2000. – №31. – P. 457-466.

УДК 691.32

Н. В. АСТАХОВА, В. І. АСТАХОВ, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШЛАКОПЕМЗОБЕТОНУ ТА ШЛАКОБЕТОНУ ДЛЯ ОДНОШАРОВОЇ ПАНЕЛІ ДАХУ З БЕЗРУЛОННОЮ ПОКРІВЛЕЮ ТА ТЕПЛИМ ГОРИЩЕМ

Мета. Отримання шлакопемзобетону та шлакобетону з підвищеною міцністю на стиск та зниженим показником водопроникності, шляхом модифікації його структури введенням добавки ПАР. З метою поліпшення умов експлуатації покрівлі житлових будинків за рахунок ліквідації її перетинів випусками вентиляційних каналів, каналізації і т. д. та зниження тепловтрат будівлі, знаходить широке застосування в типових проектах конструкція даху з теплим горищем.

До переваг даху з теплим горищем слід віднести покращення вентиляції житлових приміщень, простоту конструкції, можливість підвищення заводської готовності елементів та зниження трудовитрат на будівництво, підвищену надійність покрівлі, зниження тепловтрат будівлі, можливість огляду та ремонту.

Збірні залізобетонні дахи з безрулонною покрівлею над теплим горищем поєднують в собі переваги дахів з безрулонною покрівлею, та дахів з теплим горищем. Матеріал панелі такого даху, крім необхідних характеристик морозостійкості, водонепроникності, міцності на стиск і розтяг та ін., повинен забезпечувати достатній для умов роботи горища опір теплопередачі.

Методи дослідження. У якості основних методів використані стандартні методи визначення водопроникнення та руйнуючі методи оцінки міцності при стиску бетону стандартних зразків.

Наукова новизна. Експериментально підтверджена можливість модифікації властивостей шлакопемзобетону та шлакобетону введенням до його складу добавки ПАР, що призводить до поліпшення структури бетону на шлакових матеріалах, що підтверджується зміною проникності бетону та підвищенням його міцності на стиск.

Практичне значення. Отримані шлакопемзобетон та шлакобетон, які володіють підвищеною міцністю на стиск та зниженим показником водопроникності, за рахунок модифікації його структури шляхом введення добавки ПАР, що особливо важливо для бетону конструкції даху.

Результати. На основі виконаних досліджень було виявлено, що максимальне підвищення міцності на стиск та зниження показника водопроникності шлакобетону викликає введення до його складу добавки ПАР в кількості 0,03 % від сумарної маси цементу та меленого шлаку.

Ключові слова: мелений гранульований шлак, шлакопемзобетон, одношарові конструкції даху з безрулонною покрівлею над теплим горищем.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-105-110

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Бетон панелей даху знаходиться в складних умовах безпосереднього впливу комплексу зовнішніх атмосферно - кліматичних факторів. Він піддається поперемінному зволоженню та висушуванню, заморожуванню та відтаюванню, сезонним та добовим коливанням температури та іншим впливам.

Недостатня надійність покрівельних мастичних та лакофарбових матеріалів обумовлює необхідність частого оновлення останніх, та визначає несприятливі умови експлуатації підпокрівельного шару бетону. Тому в даний час, разом із удосконаленням атмосферостійких покрівельних матеріалів, доцільно та актуально продовжувати дослідження водонепроникного, морозостійкого, довговічного бетону для конструкцій даху без поверхневої гідроізоляції [1 - 4].

Бетон конструкцій даху повинен задовольняти складній сукупності експлуатаційних вимог: міцності на стиск, що відповідає класу В 25 – В 30, водонепроникності не менше W-6, високій морозостійкості, не менше F 200 - 300, підвищеній тріщиностійкості [5].

Шлакова пемза та гранульований доменний шлак добре відомі та широко застосовуються в якості пористих заповнювачів для легкого та полегшеного бетону, що використовуються в огорожувальних та несучих конструкціях повнозбірних житлових будинків та в інших галузях будівництва. Питомі капітальні витрати на організацію виробництва шлакової пемзи в 2 рази, а середньогалузева вартість 1 м³ більш ніж в п'ять разів нижча відповідних показників керамзитового гравію [6].

Аналіз досліджень і публікацій. Обов'язковими компонентами сучасного функціонального бетону, за даними [7], є активні дрібнодисперсні мінеральні наповнювачі (наприклад, мікрокремнезем, метакаолін, золи або композиції з них) та високоефективні суперпластифікатори. Оптимальна комбінація цих добавок-модифікаторів дозволяє контролювати реологічні властивості бетонних сумішей та модифікувати структуру цементного каменю на мікрорівні, щоб забезпечити властивості бетону, які гарантують високу експлуатаційну надійність конструкцій [7].

Отримані властивості бетону – результат складних колоїдно-хімічних та фізичних процесів, що впливають на фазовий склад, пористість і міцність цементного каменю [8–12]. Для модифікованого бетону характерні висока і надвисока міцність, низька проникність і екзотермічність, підвищена корозійна стійкість і довговічність, поліпшені деформаційні характеристики [7].

Для виробництва бетону, як відзначається в роботі [7], як реакційно-здатні порошки використовували золу видалення ТЕС, дрібнозернисту фракцію відходів збагачування залізної руди і мелені до питомої поверхні (300±25) м²/кг доменний гранульований шлак та річковий пісок.

На відміну від багатьох країн, більш ніж 95 % відходів, які утворюються та накопичуються в Україні, за даними [13], це промислові відходи, і їх найбільшу частину складають відходи чорної металургії. На окремих підприємствах цієї галузі їх утворюється до 80 видів, а в цілому обсяг технологічних відходів дорівнює об'єму основного виробництва [13]. Так, при виплавці 1 т сталі залежно від внутрішньої інфраструктури підприємств і їх оснащеності сучасним обладнанням, утворюється 1,5 т вторинної сировини [14].

Більша частина відходів містить шкідливі для навколишнього природного середовища та людини речовини [13]. Окрему проблему серед маси відходів чорної металургії становлять шлаки, яких щорічно утворюється 11-12 млн. т [13]. Незважаючи на свою ресурсну цінність, 54,5 % загальної кількості цих шлаків розміщено у відвалах або тимчасових складах, і тільки 45,5 % – утилізується [13].

Обсяг накопиченої в Україні металургійної відвальної маси, як відзначається в [13], дорівнює 2 млрд т, під складування якої зайняті площі понад 16 тис. га, проте наповненість існуючих сховищ обумовлює необхідність постійного відведення нових територій [15].

Технологічні питання утилізації металургійних шлаків [13] достатньо досліджені [16, 17], зокрема, щодо відходів доменного виробництва [18, 19] в багатьох працях вітчизняних і зарубіжних вчених [20-22]. Запропоновано достатньо технологічних і конструктивних рішень для більш ефективного використання металургійних шлаків як сировини у декількох напрямках [13].

Ефективне енергозбереження передбачає зменшення вмісту в цементі клінкерної складової за рахунок введення мінеральних додатків, тобто розширення випуску композиційних цементів [23]. Композиційні цементи - це продукт сумісного тонкого помелу у кульових млинах портландцементного клінкеру, природного гіпсу та активних мінеральних добавок різної природи активності. Вміст портландцементного клінкеру в таких цементах змінюється у межах від 64 до 20 мас. % [23].

Зменшення вмісту клінкерної складової в цементі, як відзначається в [23], знижує вартість кінцевого продукту, а при правильному підборі мінеральних добавок дозволяє отримувати матеріали без погіршення будівельно-технічних властивостей [24]. Саме тому у світі постійно збільшується об'єм виробництва таких в'язучих [23].

Як відзначається в роботі [25], найбільша кількість небезпечних відходів утворюється на гірничо-збагачувальних комбінатах та металургійних підприємствах. Відходи металургійних підприємств забруднюють довкілля пилом, шкідливими газами й стічними водами. Домни, сталеплавильні та коксові печі тощо дають чимало небезпечних відходів [25]. Наприклад, по ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча», який входить до десятки основ-

них забруднювачів доквілля, тільки гранульованих доменних шлаків за 2019 р. було утворено 2228999 т, утилізовано ж всього 84500 т, передано для утилізації 439836,85 т [25]. Загальний обсяг цих шлаків, накопичених протягом експлуатації, у спеціально відведених місцях чи об'єктах становить 17492394,42 т [26, с. 218]. На цьому ж підприємстві за 2019 р. було зібрано від виробників доменних шлаків (не гранульованих) рядових для дорожнього будівництва 1620228,56 т, видалено 1620228,56 т. Загальний обсяг цих шлаків, накопичених протягом експлуатації, у спеціально відведених місцях чи об'єктах становить 1864450,791 т [26, с. 226].

У сучасних економічних умовах особливо гостро постала проблема підвищення ефективності виробництва товарного і конструкційного бетону, який повинен характеризуватись не лише необхідним і достатнім рівнем будівельно-технічних властивостей, але і бути ефективним за економічними показниками [27]. Важливим резервом підвищення економічності продукції в технології бетону є цементі з мінеральними добавками і, зокрема, з добавкою доменного гранульованого шлаку [28, 29]. Його використання в технології цементу і бетону є обґрунтованим і відповідає сучасним тенденціям розвитку технологій, спрямованих на економію паливно-енергетичних та матеріальних ресурсів, на широке залучення у будівельну галузь відходів виробництва [27]. Як відзначено в [27], додавання до портландцементу доменного гранульованого шлаку зменшує частку найбільш енергоємної клінкерної складової і здешевлює цемент [30].

Постановка завдання. Метою дослідження є отримання шлакопемзобетону та шлакобетону з підвищеною міцністю на стиск та зниженим показником водопроникності, шляхом модифікації його структури введенням добавки ПАР.

Викладення матеріалу та результати. В галузі досліджуваних структур шлакопемзобетону та шлакобетону, потрібно було виявити раціональні модифікації для більш глибокого аналізу, з метою визначення можливості їх використання в одношарових конструкціях даху з безрулонною покрівлею над теплим горищем.

Оскільки збільшення вмісту цементу зумовлює підвищення коефіцієнта теплопровідності та вартості бетону при одночасному зниженні показника водопроникності, витрата дисперсної складової обмежена величиною, що забезпечує допустиму проникність бетону W-6 або $K_w=0,28 - 0,3 \text{ г/см}^2$. В той же час зниженню проникності та коефіцієнта теплопровідності бетону на шлакових матеріалах при незмінній витраті цементу буде сприяти введення до його складу добавки меленого до тонкості помелу цементу гранульованого доменного шлаку. Решта показників R, λ , γ розглядаються на рівні значень змінних факторів, що відповідають вказаній величині K_w , та забезпечують мінімум теплопровідності та витрати цементу.

На підставі вищевикладеного, для проведення подальших досліджень були прийняті шлакопемзобетон ГК-20 з витратою портландцементу М 400 у кількості 300 кг/м^3 та меленого гранульованого шлаку $250-300 \text{ кг/м}^3$; шлакопемзобетон ГК-10 з витратою портландцементу М 400 і меленого шлаку, відповідно, 300 кг/м^3 та $280-300 \text{ кг/м}^3$ та шлакобетон на гранульованому доменному шлаку з вмістом в'язучого $300-350 \text{ кг/м}^3$ та меленого гранульованого шлаку $270-300 \text{ кг/м}^3$.

Результати викладених раніше досліджень визначають умови отримання високоміцного, малопроникного шлакопемзобетону та шлакобетону з відносно низьким коефіцієнтом теплопровідності без застосування добавок поверхнево-активних речовин (ПАР). Для уточнення ефекту та оцінки впливу добавки ПАР на властивості бетону на шлакових матеріалах для одношарових конструкцій даху з безрулонною покрівлею над теплим горищем, був проведений експеримент з введенням до складу бетонної суміші метилсиліконату натрію (ГКЖ-11).

Метилсиліконат натрію був прийнятий в якості хімічної добавки до бетону конструкцій даху з огляду на те, що разом зі створенням пластифікуючого ефекту, підвищенням зв'язності та однорідності бетонної суміші, ГКЖ-11 підвищує морозостійкість не менш ніж в 1,5-2 рази, міцність бетону на розтяг, його тріщиностійкість, водонепроникність, не впливаючи негативно на зчеплення бетону з арматурою [31], підвищує його стійкість до попереминого зволоження та висушування [32], що особливо важливо для бетону конструкції даху.

З метою виявлення оптимального вмісту добавки ГКЖ-11, були виготовлені зразки бетону для дослідження міцності на стиск та показника водопроникності розміром $150 \times 150 \times 150 \text{ мм}$, з вмістом ГКЖ-11 в кількості 0,01; 0,02; 0,03; 0,05 та 0,07 % від сумарної ваги цементу та меленого гранульованого шлаку. Досліджувались бетони раніше встановлених раціональних структур.

З метою виявлення причин зниження проникності бетону з підвищенням кількості дисперсної частини, шлакопемзобетон ГК-10 був досліджений за допомогою скануючого електронного мікроскопу (рис. 1).



Рис. 1. Мікроструктура розчинної частини шлакопемзобетону, зразок ШП 103м, $\times 3000$

Результати дослідження, представлені на рис. 1, свідчать про те, що максимальне підвищення міцності на стиск та зниження показника водопроникності шлакобетону викликає введення до його складу добавки ГКЖ-11 в кількості 0,03 % від сумарної маси цементу та меленого шлаку.

Отримані результати досліджень по оптимальному вмісту добавки ГКЖ-11 для бетону класу В 25 відповідають загальним закономірностям, визначеним авторами [33].

Зі збільшенням витрати добавки ГКЖ-11 від 0 до 0,03 %, при однаковій легкоукладальності бетонної суміші, міцність шлакопемзобетону ГК-20 у віці 28 днів збільшується на 4,2 % (рис. 2). Подальше збільшення вмісту добавки призводить до зниження міцності бетону.

Шлакопемзобетон ГК-10, з вмістом добавки ГКЖ-11 в кількості 0,03 %, має міцність на стиск на 5,3 % більше, ніж бездобавочний зразок, а шлакобетон - на 8,2 % більше в порівнянні з контрольним зразком (рис. 2).

На думку авторів [33], пластифікуючий ефект кремнійорганічних рідин може бути пояснений змазуючою дією тонких адсорбційних шарів та збільшенням об'єму цементного тіста при повітровтягуванні, що призводить до більш компактного розміщення зерен заповнювача в бетоні.

З рис. 2 видно, що характер залежності проникності бетону, що містить добавку ГКЖ-11 в межах від 0 до 0,07 %, відповідає зміні міцності на стиск шлакобетону за законом створу.

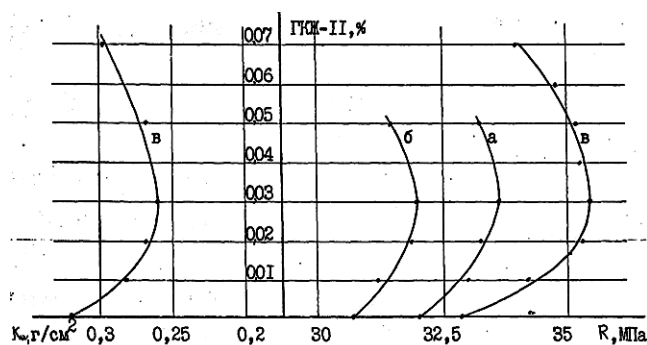


Рис. 2. Залежність міцності при стиску (R) та показника водопроникності (K_w) бетону на шлакових матеріалах від витрати добавки ГКЖ-11: а - шлакопемзобетон ГК-10; б - шлакопемзобетон ГК-20; в - шлакобетон

Висновки та напрямки подальших досліджень. Отже, загальне поліпшення структури бетону на шлакових матеріалах, викликане введенням до його складу добавки ГКЖ-11, підтверджується змінною проникності бетону.

Мінімальне значення показника водопроникності має бетон з вмістом добавки ГКЖ-11 в кількості 0,03% від маси цементу та меленого шлаку.

Список літератури

1. Дмитриев А. С. Обеспечение долговечности бетона конструкций безрулонной кровли /А.С. Дмитриев// Опыт проектирования, изготовления и применения безрулонных крыш в гражданском строительстве. - Ташкент, 1980. - С. 8-9.
2. Исхаков Р. С. Требования к бетонам для изготовления конструкций сборных безрулонных крыш / Р. С. Исхаков // Опыт проектирования, изготовления и применения безрулонных крыш в гражданском строительстве. - Ташкент, 1980. - С. 6-7.
3. Мартиросов Г. М., Звездов А. И. Шлакобетон на напрягающем цементе для конструкций бескровной крыши / Г. М. Мартиросов, А. И. Звездов // Опыт проектирования, изготовления и применения безрулонных крыш в гражданском строительстве. - Ташкент, 1980. - С. 10-11.
4. Ходжаев С. А. Технологические особенности напрягающего керамзитобетона для железобетонных кровельных панелей безрулонных крыш. - Дисс... канд. техн. наук. - М. - Ташкент: 1960. - 224 с.
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-213:2016 Настанова з проектування, улаштування та експлуатації індустріальних безрулонних дахів житлових та громадських будинків. - На заміну ДБН 338-92; введ. 01.04.2017 - К.: Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ), 2017.
6. Шлакопемзобетон в индустриальном строительстве / Под редакцией Н. Я. Спивака // - Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1979. - 116 с.

7. Шишкіна О. О., Шишкін О. О. Вплив міцел, наповнених реакційними порошками, на міцність бетону / О. О. Шишкіна, О. О. Шишкін // Нові технології в будівництві. – 2021. Вип. 39. – С. 61 – 68.
8. Капрієлов С. С., Кардунян Г. С. Нові модифіковані бетони в сучасних спорудах / С.С. Капрієлов, Г.С. Кардунян // Бетон і залізобетон. 2011. № 2. С. 78–82.
9. Капрієлов С. С., Шейнфельд А. В., Кардунян Г. С. Нові модифіковані бетони / С.С. Капрієлов, А. В. Шейнфельд, Г. С. Кардунян // М., 2010. 258 с.
10. Фролов А. В., Чумадова Л. І., Черкашин А. В., Акімов Л. І. Экономичность использования и влияние наноразмерных частиц на свойства легких высокопрочных бетонов / А. В. Фролов, Л. І. Чумадова, А. В. Черкашин, Л. І. Акімов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 19. С. 51–61.
11. Толстой А.Д., Лесовік Б.К., Загороднюк І.Х., Ковальова І.А. Порошкові бетони із застосуванням техногенної сировини / А.Д. Толстой, Б.К. Лесовік, І.Х. Загороднюк, І.А. Ковальова//Вісник МГСУ. 2015. № 1. С. 101–109
12. Сопов В.П., Ткачук А. Л. Вплив мінеральних домішок на структуроутворення цементного каменю / В.П. Сопов, А. Л. Ткачук // Науковий вісник будівництва. № 66. 2011. С. 250–254.
13. Лепа В. В., Прогнімак О. Д. Проблеми утилізації доменних шлаків у контексті переходу до циркулярної економіки / В. В. Лепа, О. Д. Прогнімак // Економічний вісник Донбасу. – 2021. Вип 1 (63). – С. 129 – 145.
14. Назюта Л. Ю., Смотров А. В., Губанова А. В., Корнев Г. В. Структура образования и рециклинг технологических отходов на металлургических предприятиях полного цикла / Л. Ю. Назюта, А. В. Смотров, А. В. Губанова, Г. В. Корнев // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2011. Вип. 4. - С. 44 - 54.
15. Как увеличить использование шлаков в Украине: три совета. URL: <https://re-solutions.com.ua/ru/yak-zbilshyty-vykorystannu-a-shlakiv-v-ukrayini-try-porady/>.
16. Моссур П. М., Негода С. В. Техногенное минеральное сырье и его использование в Украине / П. М. Моссур, С. В. Негода // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2007. Вип. 6. - С. 299 - 307.
17. Хоботова Э. Б., Уханева М.И., Грайворонская И.В. и др. Утилизация металлургических шлаков в качестве технических материалов / Э. Б. Хоботова, Уханева М.И., Грайворонская И.В. и др. // 36. наук. Ст. III Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2011). Вінниця: ВНТУ. 2011. Т. 1. С. 114-116.
18. Романенко А. В., Гордийчук Л. Ф., Николаева И. В. Экологическая оценка размещения и переработки шлаков металлургического предприятия. Вестник Криворожского национального университета. 2012. Т. 1. №. 31-1. С. 105- 109.
19. Касимов А. М., Решта Е. Е. Проблемы образования и накопления промышленных отходов в Украине. Экология и промышленность. 2011. №. 1. С. 65- 69.
20. Özbay E., Erdemir M., Durmu H. Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties–A review. Construction and Building Materials. 2016. Vol. 105. P. 423-434. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.153>.
21. Хоботова Э. Б., Калмыкова Ю. С. Защита окружающей природной среды при утилизации отвалных доменных шлаков в производстве строительных материалов: монография. Харьков. ХНАДУ, 2014. 233 с.
22. Das B. et al. Effective utilization of blast furnace flue dust of integrated steel plants. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection, Vol. 2, No. 2. P. 61-68.
23. Сокольников В.Ю. Композиційні цементні з силікатними добавками різної структури. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2019.
24. Саницький М.А. Сучасні тенденції розвитку малоенерговмісних цементів // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні тенденції розвитку і виробництва силікатних матеріалів». – Львів. – 2016. – С. 85-86.
25. Кочешкова І. М. Зарубіжний досвід утворення та використання доменних шлаків / І. М. Кочешкова // Економічний вісник Донбасу. – 2020. № 2 (60). – С. 181 – 186.
26. Екологічний паспорт Донецької області. 2019 рік. URL: http://ecology.donoda.gov.ua/wp-content/uploads/2020/07/ЕКОПАСПОРТ-НА-САЙТ_2019_-1.pdf.
27. Соболев Х. С., Марків Т. Є., Петровська Н. І., Гідей В. В. Аналіз ефективності використання тонкомеленого доменного гранульованого шлаку в бетоні / Х. С. Соболев, Т. Є. Марків, Н. І. Петровська, В. В. Гідей // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. – 2019. - № 912. - С. 169-174.
28. Дворкін Л. Й., Пушкарьова К. К., Дворкін О. Л. та ін. Використання техногенних продуктів у будівництві: навч. посіб. / Л. Й. Дворкін, К. К. Пушкарьова, О. Л. Дворкін та ін. – Рівне: НУВГП, 2009. – С. 39–46.
29. Stark J. Production and use of slag-containing NA (low alkali) cements. VDZ CONGRESS 2002/ Process Technology of Cement Manufacturing. Dusseldorf. 2003. – P. 46–52.
30. Саницький М. А., Марків Т. Є., Кропивницька Т. П. Вплив добавки доменного гранульованого шлаку на формування структури і властивостей модифікованого цементного каменю і бетону / М. А. Саницький, Т. Є. Марків, Т. П. Кропивницька // Популярно о цементах и бетонах-2012 : междунар. конф., [Днепропетровск, 2012 г.]. – Днепропетровск, 2012. – С. 56–70.
31. Чеховский Ю.В. Исследование структуры пор и проницаемости, цементного камня, - Дис... канд. техн. наук. - М.: 1962. - 267 с.
32. Чеховский Ю. В. Понижение проницаемости бетона / Ю. В. Чеховский // М.: Энергия, 1968. – 190 с.
33. Горчаков Г. И., Орендлихер Л. П., Лифанов И. И., Мурадов Э. Г. Повышение трещиностойкости и водостойкости легких бетонов для ограждающих конструкций / Г. И. Горчаков, Л. П. Орендлихер, И. И. Лифанов, Э. Г. Мурадов // М.: Стройиздат, 1971. - 158 с

А.М. ТУРИЛО, А.А. ТУРИЛО, доктори екон. наук, професори,
Р.В. КОРОЛЕНКО, С.М. КОРОЛЕНКО, кандидати екон. наук, доценти
Криворізький національний університет

ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ В АСПЕКТІ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА

Мета. Розкрити сутність і надати визначення категоріям «фінансово-економічний потенціал» і «інноваційно-інвестиційний потенціал».

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного і логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. Акцентовано та удосконалено увагу на питаннях: формування та підпорядкованості інноваційно-інвестиційного та фінансово-економічного видів потенціалу підприємства в процесі розробки і реалізації вибраної стратегії його розвитку; визначення сутності і основ формування інноваційно-інвестиційного потенціалу підприємства, інвестиційного потенціалу підприємства, інноваційного потенціалу підприємства, потенціалу залучення інновацій, фінансово-економічному потенціалі підприємства, фінансовому потенціалі підприємства, економічному потенціалі підприємства.

Практична значимість. Відображено практичну роль менеджменту підприємства (топ менеджерів) у дослідженні, визначенні пріоритетних видів потенціалів для конкурентного розвитку підприємства і практичної їх реалізації.

Результати. У роботі визначено, що формування потенціалу – це кропітка та комплексна робота, яка потребує відповідних специфічних знань і практичного досвіду, системи теоретичних і методико-прикладних розробок, аналізу вітчизняної та зарубіжної інформації з даного напрямку дослідження, врахування новітніх інноваційних досягнень в матеріальній і нематеріальній сферах діяльності людини тощо.

Запропоновано в залежності від мети і стратегії розвитку підприємства використовувати при формуванні потенціалу групу критичних критеріїв.

Зазначено, що будь-який вид потенціалу підприємства, можливо розглядати з двох позицій: потенціал підприємства на певний момент часу (або в межах короткого періоду часу, коли практично не відбуваються зміни в основних елементах виробничо-господарської діяльності); потенціал підприємства достатньо обґрунтованого майбутнього розвитку (визначається під певні обґрунтовані якісні зміни в розвитку підприємства).

Ключові слова: фінансово-економічний потенціал, інноваційно-інвестиційний потенціал, фінансовий потенціал, інноваційний потенціал, інвестиційний потенціал, потенціал підприємства.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-110-114

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Потенціал в будь-якій сфері життєдіяльності людини вказує на можливості розвитку. В ринковій економіці потенціал для будь-якого суб'єкта господарювання вказує на можливості його конкурентного існування. Саме тому розуміння сутності потенціалу, вміння його визначати і орієнтуватися на нього в процесі господарської діяльності є важливою умовою ефективного менеджменту будь-якого суб'єкта господарювання.

Фінансово-економічний та інноваційно-інвестиційний потенціали підприємства за своїм змістом і термінологічним апаратом потребують удосконалення.

Аналіз досліджень і публікацій. В економічній літературі питання сутності, формування і реалізації потенціалів підприємства, виду фінансово-економічного й інноваційно-інвестиційного розкриті недостатньо повно [1–10 та ін.].

Постановка задачі. Розкрити сутність і надати визначення категоріям «фінансово-економічний потенціал» і «інноваційно-інвестиційний потенціал».

Викладення матеріалу та результати. Потенціал – є ключовим елементом менеджменту підприємства.

Завдання менеджменту підприємства щодо визначення і формування його потенціалу знаходиться в групі першочергових.

Від того, наскільки обґрунтовано розраховано, а потім і сформовано потенціал підприємства, залежать як можливості його розвитку, так і кінцеві результати.

Формування потенціалу підприємства – це кропітка й комплексна робота, яка потребує певної сукупності наукових знань і практичного досвіду, системи теоретичних і методико-прикладних розробок, аналізу існуючого власного, вітчизняного й зарубіжного досвіду з цієї про-

блеми, дослідження і розробки прогресивних, інноваційних підходів, які в кінцевому підсумку забезпечать побудову такого потенціалу підприємства, який буде відповідати таким критеріям:

- оптимальності;
- гнучкості;
- врахування специфіки виробництва;
- ефективності;
- конкурентності розвитку підприємства тощо.

Завдання топ-менеджменту підприємства полягає у формуванні високопрофесійної «топ-групи» із різних фахівців з даного питання (при необхідності із запрошенням із зовні відповідних науковців, експертів, консультантів тощо).

Фокус-група обґрунтовує, розробляє і представляє на затвердження оптимальний варіант потенціалу підприємства (така розробка потенціалу може здійснюватися як для підприємства, що тільки створюється, так і для підприємства, що вже функціонує).

Потрібно відзначити, що процес управління потенціалом підприємства включає в себе і аспект реалізації обґрунтованого рівня потенціалу (рис.1).

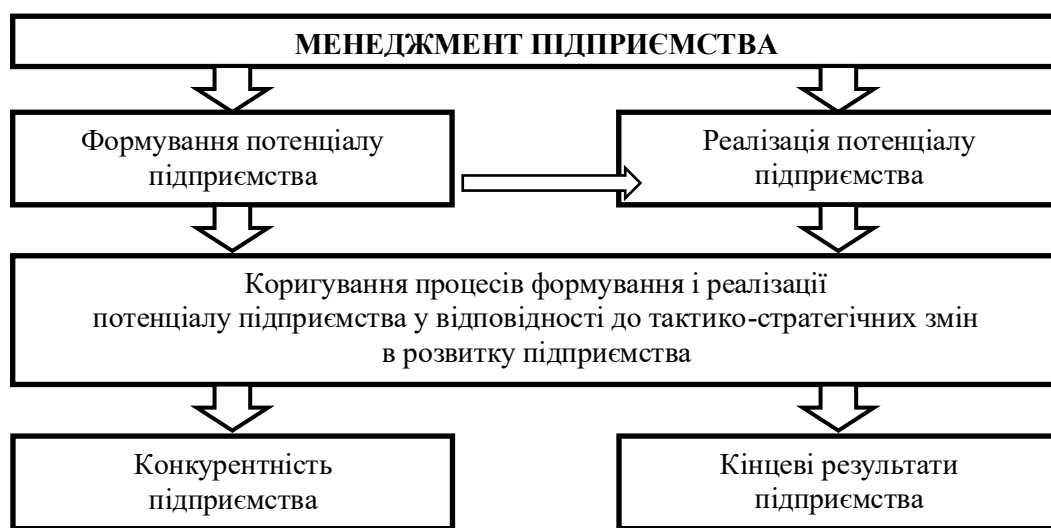


Рис. 1. Менеджмент і потенціал підприємства

У реальності в господарській сфері потенціал підприємства має багато своїх різновидів.

Кожне підприємство через рішення топ-менеджменту, в залежності від визначених цілей і завдань та специфіки підприємства, формує свою сукупність видів потенціалів.

Значення цієї роботи ми вбачаємо в тому, щоб запропонувати наукові, методичні й практичні підходи до вирішення таких важливих проблем, як зміст, особливості формування та визначення окремих актуальних видів потенціалу підприємства.

Найбільш важливими на сучасному етапі розвитку суб'єктів господарювання є такі види їх діяльності як інноваційна, інвестиційна, фінансова й економічна, бо саме через них реалізуються ринкова сутність, цілі та стратегія розвитку будь-якого суб'єкта господарювання.

Тому, у відповідності до цих видів діяльності й будуть представлені наші пропозиції стосовно сутності, визначення, зв'язку і класифікації різних видів потенціалів підприємства.

Будь-який потенціал підприємства відносно фактору часу можна розглядати з двох позицій:

потенціал підприємства на певний момент часу (або на певний короткий період часу) для реально функціонуючого підприємства;

потенціал підприємства в майбутньому, що визначається під певні зміни в діяльності підприємства (це такі зміни в якості підприємства, які суттєво змінюють рівень і зміст того чи іншого виду потенціалу).

У цій роботі представимо формування окремих видів потенціалів підприємства за першою позицією.

Аналіз існуючих підходів показав, що такі види потенціалів підприємства, як інвестиційний, інноваційний, інноваційно-інвестиційний, фінансовий, економічний і фінансово-

економічний розкриті без належних акцентів або без необхідної прив'язки до специфічного змісту визначеного виду діяльності (який має загально-узгоджене або нормативно-правове тлумачення).

На рисунку 2 наведено логіку формування і рівень підпорядкованості таких видів потенціалів підприємства, як інноваційно-інвестиційний потенціал і фінансово-економічний (фінансово-операційний) потенціал.

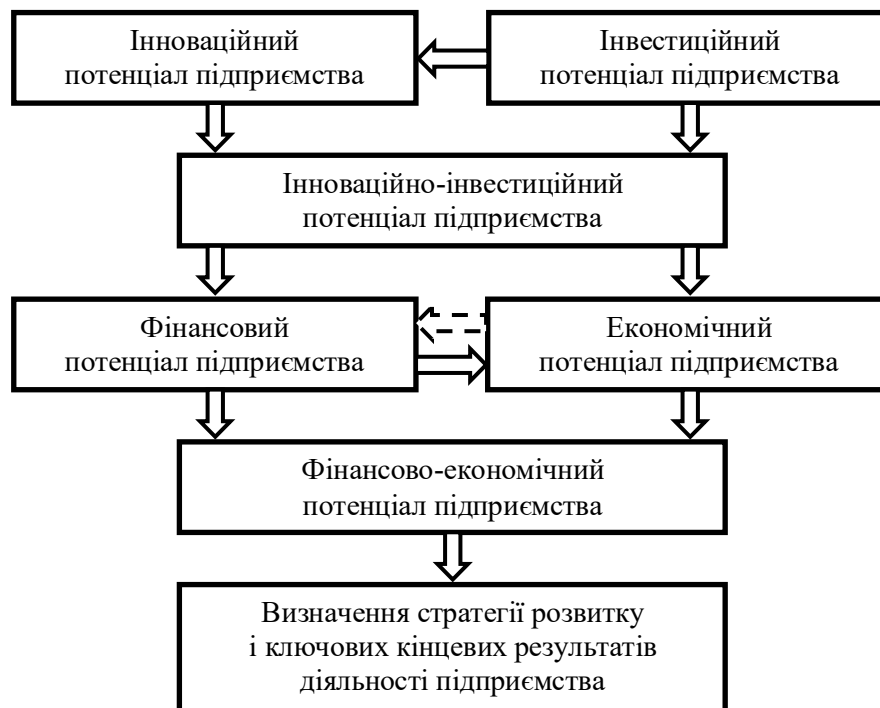


Рис. 2. Логіка формування та підпорядкованості інноваційно-інвестиційного і фінансово-економічного видів потенціалів підприємства в процесі розробки і реалізації стратегії його розвитку

На базі розгляду сутності категорії «потенціал підприємства» і окремих видів діяльності підприємства запропоновано авторське тлумачення нижче-представлених видів потенціалів підприємства.

Інвестиційний потенціал підприємства – це можливості підприємства із залучення інвестицій у відповідності з його фінансово-економічним станом і обґрунтованою максимальною потребою в них за видом і розміром, що склалися на певний момент часу (на певний короткий період) в процесі формування та реалізації тактико-стратегічного розвитку підприємства.

Інноваційний потенціал підприємства – це можливості підприємства з максимальної реалізації всієї сукупності існуючих на підприємстві інновацій (з позиції їх сукупної віддачі згідно їх виду та змістовного призначення) у відповідності з визначеними на підприємстві тактикою і стратегією його розвитку для певного моменту часу (певного короткого періоду).

Потенціал залучення інновацій – це інший за змістом вид потенціалу підприємства. Це можливості підприємства по залученню інновацій під формування запланованого інноваційного потенціалу підприємства.

Інноваційно-інвестиційний потенціал підприємства – це можливості підприємства щодо максимального залучення сукупності інновацій (різних за видом, обсягом та змістовним призначенням) на певний момент часу (на певний короткий період) у відповідності до визначених цілей і завдань тактико-стратегічного розвитку підприємства та обґрунтованого обсягу інвестицій під визначений загальний потенційний розмір інновацій (під визначений інноваційний потенціал підприємства).

Інноваційно-інвестиційний потенціал підприємства – це потенціал, що відображає інтегрованість і гармонію двох видів потенціалів: інноваційного й інвестиційного, – які в своїй єдності представляють зміст і можливості підприємства відносно забезпечення для певного моменту (короткого періоду) часу максимальної ефективності інноваційно-інвестиційної діяльності у відповідності до визначених тактико-стратегічних цілей і завдань підприємства.

Фінансовий потенціал підприємства – це можливості підприємства на певний момент часу (певний короткий період) до оптимальної диверсифікації джерел фінансування й оптимального залучення фінансових ресурсів (видів капіталу), які плануються і реалізуються на рівні максимальної ефективності фінансової діяльності підприємства у відповідності з визначеними тактико-стратегічними цілями, завданнями й результатами.

Економічний потенціал підприємства – це можливості підприємства по оптимальному формуванню і максимальному використанню економічних ресурсів, що є в наявності на певний момент часу (певний короткий період), з позиції забезпечення бажаних максимальних тактико-стратегічних цілей, результатів і вигід.

Фінансово-економічний потенціал підприємства – це можливості підприємства з оптимального формування та максимального використання фінансових і економічних ресурсів у їх сукупності й гармонійній єдності з позиції забезпечення бажаних максимальних тактико-стратегічних фінансово-економічних цілей, результатів і вигід.

Фінансово-економічний потенціал підприємства – це потенціал, що відображає інтегрованість і гармонію двох видів потенціалів: фінансового і економічного, які в своїй єдності представляють зміст і можливості підприємства відносно забезпечення максимальної ефективності його фінансово-економічної діяльності.

З огляду на те, що всі без виключення види потенціалів підприємства орієнтовані й оцінюються за певним видом результату, вважаємо за необхідне надати авторське трактування категорії «результат підприємства».

Результат підприємства – це комплексна загальноекономічна категорія, що, по-перше, представляє собою логічний, природний та визначений особливостями й критеріями розвитку підприємства підсумок його діяльності; по-друге, відображає об'єктивний зв'язок результату з тактичними та стратегічними цілями підприємства; по-третє, є основою для формування сукупності предметно-конкретних показників у різних сферах і видах діяльності підприємства; по-четверте, вимірюється кількісно – як абсолютна величина; по-п'яте, відображається в розрахунках та обліку у вартісних та натурально-речових показниках.

Висновок та напрямок подальших досліджень. Таким чином, представлений вище матеріал, удосконалює й уточнює теоретико-методичні підходи щодо: визначення ролі та місця потенціалу в системі менеджменту підприємства; класифікації і змісту окремих видів потенціалів підприємства; трактування понять за окремими видами потенціалів підприємства; ув'язки певного виду потенціалу підприємства з відповідним видом його діяльності; трактування категорії «результат діяльності підприємства».

Список літератури

1. **Турило А.М.** Інтелектуальний і людський капітал в умовах інформаційно-інноваційної економіки – ключовий чинник адаптації і економічної безпеки підприємства. *Вісник Криворізького національного університету*. Серія: *Економічні науки*. 2021. № 53. С. 157-163.
2. **Турило А.М., Турило А.А., Горська С.М.** Проблеми економічного балансового розвитку в координатах «цінність людини (людиноцентризм) – справедливість-ефективність». *Вісник Криворізького національного університету*. Серія: *Економічні науки*. 2021. № 52. С. 49-54.
3. **Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В. Короленко С.М.** Стратегія розвитку, корпоративне управління і людський капітал відносно економічної стратагеми, економічної девіації і фінансово-економічної безпеки в діяльності підприємства. *Вісник Криворізького національного університету*. Серія: *Економічні науки*. 2022. № 54. С. 109-114.
4. **Турило А.А.** Основи управління інноваційним розвитком підприємства : монографія. Кривий Ріг, 2017. 307 с.
5. **Турило А.М., Турило А.А.** Нова концепція ефективності : навч. посіб. Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2021. 132 с.
6. Інвестиційно-інноваційна діяльність: теорія, практика, досвід: моногр. / за заг. ред. М.П. Денисенка та Л.І. Михайлової. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. С. 288-320.
7. **Кудря Я.В.** Управління інвестиційно-інноваційним потенціалом промислових підприємств : монографія. Львів, 2018. 192 с.
8. **Кулакова С.Ю., Міняйленко І.В.** Потенціал і розвиток підприємства: навч. посіб. Полтава: ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2015. 214 с.
9. **Наконечна О.С.** Формування та реалізація інноваційно-інвестиційної стратегії стійкого розвитку підприємства. *Економіка та держава*. 2015. № 4. С. 49-51.
10. **Фінанси підприємств: підручник, 8-ме вид. перероб. та доп. / кер. кол. авт., ред. А.М. Поддєрьогін.** К: КНЕУ, 2013. 519 с.

В. Й. ЗАСЕЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.,

І. В. ЗАСЕЛЬСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., М. І. ШЕПЕЛЕНКО, асист.

Навчально-науковий технологічний інститут Державного університету економіки та технологій
О.І. КИТАЧ, дир., О. І. БАРАНОВА, викл.

ВСП Криворізький технічний фаховий коледж УДУНТ

ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ «РОТОРНИЙ ЗМІШУВАЧ-КОНВЕЄР» В УМОВАХ ПАТ «ЦГЗК» НА ДІЛЯНЦІ ОГРУДКУВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ШИХТИ

Мета. Метою досліджень була оцінка ефективності використання технічної системи в процесі підготовки суміші для отримання окатишів в діючій технологічній схемі фабрики огрудкування, а також визначення її енергосилових параметрів.

Методи. Методика досліджень даної праці включала визначення вмісту некондиційних фракцій окатишів в залежності від застосування обладнання, а також виміри енергосилових витрат кожної секції роторного змішувача встановленого над конвеєрної стрічкою в холостому ході та під навантаженням при переміщенні матеріалу за технологічною схемою виробництва окатишів фабрики огрудкування ПАТ «ЦГЗК» (м. Кривий Ріг), а також потужність привода конвеєра.

Наукова новизна полягає в тому, що використання удосконаленої технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» дозволяє підвищити якість підготовки окатишів до спікання за рахунок зменшення некондиційної частки окатишів перед завантаженням їх в машину випалу. Окрім цього визначено енергосилові витрати роботи роторного змішувача в холостому ході, які становлять 3,9 кВт та під навантаженням 15,4 кВт. Порівнюючи отримані результати промислових випробувань з результатами розрахунків встановлено, що різниця між ними при роботі змішувача в холостому ході відрізняється не більше чим на 3%, а під навантаженням не більш ніж 10 %. Також визначена потужність привода конвеєра при його роботі без змішувача та з ним, під вібраційним впливом та без нього. Встановлено, що потужність привода конвеєра при роботі зі змішувачем та з застосуванням ексцентричних роликкоопор збільшується на 8%, але таке підвищення допустиме так як привод не завантажено на 20%.

Практична значимість. В статті наведено принципову технологічну схему підготовки сировини для отримання якісних окатишів в умовах ПАТ «ЦГЗК» (Кривий Ріг). Представлені реальні показники енергетичних витрат запропонованого обладнання в холостому ході та під навантаженням.

Результати. В результаті дослідження визначено ефективність застосованої технологічної схеми, яка оцінювалась по класу сирих окатишів 0,10 на конвеєрі повернення встановленого під роликовим укладачем, а також визначено основні енергозатратні затрати вузлів технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» в реальних промислових умовах.

Ключові слова: змішувач, матеріал, огрудкування, робочий орган, окатиш, змішувач, система, конвеєр.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-114-118

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Діяльність сучасного суб'єкта гірничо-металургійної галузі характеризується детермінованими результатами, які чітко та ясно визначають цільові риси функціонування такого суб'єкта та характеризують отримані результати його діяльності.

Системи змішування, огрудкування при виробництві окатишів є важливою складовою і умовою функціонування гірничо-збагачувальних комбінатів. Вищезгадані системи складають основу структури, яка відповідає рівню розвитку технічної й технологічної оснащеності в гірничо-металургійній галузі. Важливою складовою для кожної системи є якісна підготовка шихти до спікання.

В період досліджень при підготовці шихти до спікання спостерігається високий вміст повернення (некондиційної фракції), що не давав можливості підвищити якість її підготовки.

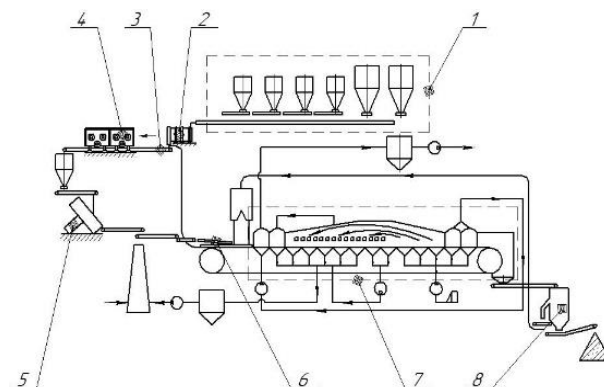
Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз літературних надбань провідних вітчизняних та закордонних вчених [1-5] показує, що, враховуючи проблеми сьогодення в питаннях підготовки металургійної шихти (в особливості змішування) існує потреба вдосконалення та повсякчасного розвитку або розробки принципово нових загально інженерних й технічних рішень, які спрямовані на створення або удосконалення існуючого обладнання, яке б відповідало науково-технічному рівню з урахуванням останніх досягнень науки та техніки у гірничо-металургійній галузі.

Дослідження, якому присвячена дана праця, було спрямоване на визначення якості підготовки суміші для отримання якісних окатишів та перевірку наведеної в роботах [6, 7] методики визначення енергосилових параметрів технічної системи «роторний змішувач-конвеєр».

Постановка завдання. Як згадувалось вище, постає необхідність проведення додаткових промислових випробувань, які стосуються удосконаленої технологічної схеми виробництва окатишів та визначення її основних технологічних та технічних показників.

Викладення матеріалу та результати. Промислові дослідження проводилися на фабриці огрудкування Центрального гірничо-збагачувального комбінату (м. Кривий Ріг) на ділянці підготовки шихтових матеріалів за технологічною схемою наведеною на рис. 1 та має наступний принцип дії: шихтовий матеріал з бункерів 1 транспортується в барабанний змішувач 2, далі він поступає на магістральний конвеєр 3, над яким встановлено роторний змішувач типу СР-620×1,4-4 позиція 4 виробництва «КВМШ плюс, як показано на фото (рис. 2), технічна характеристика котрих наведена в табл. 1. Після змішування матеріалу на магістральному конвеєрі він поступає на огрудкування 5 для утворення сирих окатишів.

Рис. 1. Удосконалена технологічна схема виробництва окатишів: 1 – складання шихти; 2 – барабанний змішувач; 3 – магістральний конвеєр; 4 – роторний змішувач; 5 – огрудковувач; 6 – роликів укладач; 7 – машина для спікання; 8 – сортування готового продукту



Далі сирі грудки розподіляються роликівим укладачем на верхній клас – плюс 10 мм, який надходить до машини спікання 7, а нижній клас – мінус 10 мм (некондиційний), повертається до технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» 4. Остаточо після спікання готові окатиші транспортуються з печі, охолоджуються продувкою та надходять на ділянку сортування 8, де відсівається некондиційний клас 0 – 5 мм.



Рис. 2. Фото технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» встановленої на ПАТ «ЦГЗК»

Таблиця 1

Технічні характеристики роторних змішувачів з гнучким тросовим та лопатевим роторами

Тип (варіанти виконання)	СР-520×0,8	СР-520×1,0	СР-520×1,2	СР-620×1,4
Ширина стрічки конвеєра, м	0,8	1	1,2	1,4
Продуктивність змішувача, т/г	250	500	800	1200
Кількість секцій, шт	2, 3, 4	2, 3, 4	2, 3, 4	2, 3, 4
Кількість роторів, шт	4, 6, 8	4, 6, 8	4, 6, 8	4, 6, 8
Діаметр ротора, мм	520	520	520	520
Потужність привода, кВт	15–22,5–30	22–33–44	30–45–60	37–55,5–74
Маса змішувача, т	3,8–5,3–6,8	4–5,5–7	4,2–5,8–7,3	4,4–6–7,5

Методика проведення промислових випробувань та отримані результати досліджень. Для визначення використання підготовки окатишів для спікання на кожному магістральному конве-

єрі було встановлено по змішувачу типу СР-620×1,4-4, де на одному з низ у робочій зоні змішування шихтового матеріалу використовувались конвеєрні роликові опори з примусовим дисбалансом шляхом встановлення додаткової полуобічайки, як показано на рис. 3.

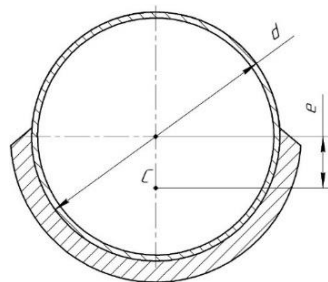


Рис. 3. Переріз профілю удосконаленого ролику»

Такий конструктив застосованої роликової опори дозволив, в робочій зоні переміщення і змішування матеріалу, отримати вібраційне прискорення яке дорівнювало $15,5 \text{ м/с}^2$, яке розраховувалось за формулою

$$a = A\omega^2,$$

де A – амплітуда коливання ролика, мм

$$A = \frac{me}{M},$$

де m – маса ролика, кг; M – маса осередку конвеєрної стрічки й матеріалу над роликовою опорою, кг; e – ексцентриситет роликової опори, м; ω – частота коливань ролика, с^{-1}

$$\omega = \frac{2V}{d}, \quad (3)$$

де V – лінійна швидкість конвеєрної стрічки; d – діаметр ролика.

Ефективність застосованої технологічної схеми оцінювалась по класу 0...10 мм сирих окатишів на конвеєрі повернення, встановленого під роликовим укладачем без роторного змішувача та з ним (з надаванням вібраційного впливу та без нього).

На діаграмі (рис. 4) наведені середні показники в відсотках змісту некондиційної частки сирих окатишів після проходження роликового укладача.

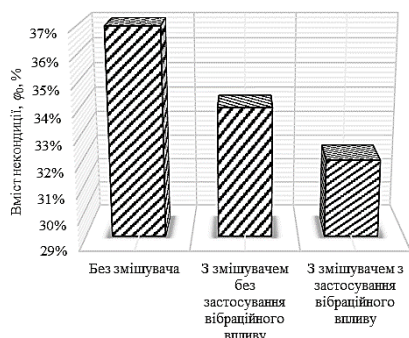


Рис. 4 Середні показники вмісту некондиційних сирих окатишів в залежності від застосованого обладнання

З отриманих даних видно, що застосування роторного змішувача в удосконаленій технологічній схемі підготовки окатишів до спікання дозволяє не менш як на 2,5% знизити вміст некондиційного класу по сирих окатишам без вібраційного впливу на матеріал та на 3,8% з ним.

При визначенні ефективності підготовки суміші з вібраційним впливом і без нього одночасно проводи-

лись заміри потужності привода конвеєра встановленого під роторним змішувачем. Визначення його енергосилових параметрів також як і в випадку вимірів потужності привода секції роторного змішувача здійснювалась шляхом застосування вимірювального комплексу К50. В табл. 2 наведені отримані дані потужності привода конвеєра при його роботі без змішувача та з ним, під дією вібраційного впливу та без нього. З цих даних видно, що максимальна потужність привода конвеєра при роботі зі змішувачем й вібраційним впливом на конвеєрну стрічку збільшується на 10 кВт та становить 128 кВт, що не є критичним, так як його встановлена потужність більше й дорівнює 160 кВт.

Таблиця 2

Потужність привода роторного змішувача

Виміри	Секції по ходу руху матеріалу на конвеєрній стрічці				Розрахована потужність, кВт
	I	II	III	IV	
В холостому ході	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9
Під навантаженням	14,4	14,0	13,8	13,8	15,4

Окрім цього для перевірки теоретичних досліджень пов'язаних з розрахунками енерговитрат змішувача були проведені заміри фактичної потужності встановлених двигунів на кожній секції впровадженого устаткування.

Енергосилові витрати вимірялись для кожної секції змішувача в холостому ході та під дією навантаження в процесі переміщення матеріалу. В якості показника енерговитрат кожної секції вимірялась потужність її привода з застосуванням вимірювального комплексу К-50.

В таблиці 3 наведені отримані дані потужності привода кожної секції роторного змішувача та показники, які були розраховані за розробленою методикою в [5, 6].

Таблиця 3

Потужність привода конвеєра

Виміри	Визначена потужність, кВт
Під навантаженням без технічної системи	118
Під навантаженням з технічною системою без вібраційного впливу	121
Під навантаженням з технічною системою з вібраційним впливом	128

З отриманих результатів видно, що потужність приводів в робочому режимі не перевищує максимальних значень згідно їх характеристик в табл 3 й зменшується від секції до секції під дією навантаження, що на наш погляд обумовлено впливом первинної дії розпушення шару матеріалу на перших приймальних трасових елементах.

В холостому ході вона практично однакова для всіх секцій змішувача і не перевищує 3,9 кВт. Порівнюючи отримані результати промислових випробувань потужності з результатами розрахунків видно, що різниця між ними при роботі змішувача в холостому ході відрізняється не більше чим на 3%, а під навантаженням не більш ніж 10 %.

Висновки та напрямок подальших досліджень. В ході промислових досліджень отримано наступні результати: розроблені методики оцінки ефективності роботи системи «роторний змішувач-конвеєр», а також визначення енергосилових параметрів роторного змішувача та конвеєра. Дослідженнями встановлено, що застосування роторного змішувача в удосконаленій технологічній схемі підготовки окатишів до спікання дозволяє не менш як на 2,5% знизити вміст некондиційного класу по сирим окатишам без вібраційного впливу на матеріал та на 3,8% з ним. Також визначено енергосилові витрати роботи роторного змішувача в холостому ході, які становлять 3,9 кВт та під навантаженням 15,4 кВт й потужність привода конвеєра, яка становить 128 кВт, що складає збільшення на 8% й не є критичним так як встановлена потужність дорівнює 160 кВт. Порівнюючи результати енергетичних витрат отриманих з промислових випробувань, з результатами теоретичних розрахунків встановлено, що різниця між ними при роботі змішувача в холостому ході відрізняється не більше чим на 3%, а під навантаженням не більш ніж 10 %.

Список літератури

1. Федосенков Б. А. Разработка технологических способов и исследование процесса приготовления сухих пищевых композиций в смесительных агрегатах непрерывного действия: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. Кемерово.: 1996. 17 с.
2. Швед С.В. Оценка надежности портального смесителя-гомогенизатора на основе расчета износа рабочего органа. / С.В. Швед, Д.В. Пополов, И.В. Засельский. Металлург. и горноруд. пром-сть. 2015. № 7. С. 57-61.
3. Большаков В.И. Расчет металлургических машин. Оборудование обжиговых и агломерационных цехов / В. И. Большаков, А.Д. Учитель, В.И. Засельский, Д.В. Пополов, С.А. Учитель, В. В. Коноваленко. – Кривой Рог. – 2012. – 336 с.
4. Учитель А.Д. Determination of technological and power parameters of mixer-homogenizer / A.D. Uchitel, D.V. Popolov, I. V. Zaselskiy // Metallurgical and Mining Industry. – 2016. – № 1. – P. 158-162.
5. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье К.: Техника, 1975. 168 С.
6. Засельський В.Й. Алгоритм розрахунку енергосилових витрат технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» / В.Й. Засельський, Д.В. Пополов, І.В. Засельський, М.І. Шепеленко. Вісник КНУ. Випуск 51. – Кривий Ріг. – 2020р. – с.24-29.
7. Засельський В.Й. Алгоритм визначення енергосилових параметрів роторного змішувача / В.Й. Засельський, Д.В. Пополов, М.І. Шепеленко. Збірник матеріалів Всеукраїнської конференції молодих вчених "Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку" (17 грудня 2020., м.Дніпро, Україна). - Дніпро. - 2020. - с. 67-71.
8. Лукашин Н.Д. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов./ Н.Д. Лукашин, Л.С. Кохан, А.М. Якушев. Академкнига. 2003. 456 с.
9. Leont'ev L.I. Manufacture of steel and ferroalloys in the world / L.I. Leont'ev, L.A. Smirnov, V.I. Zhuchkov, V.Ya. Dashevskii, Elektrometallurgiya, No. 2, 2-9 (2008).
10. Artiukh V. Use of CAE-Systems at Evaluation of Shock Absorbers for Metallurgical Equipment / V. Artiukh, T. Raimberdiyev, V. Mazur MATEC Web of Conferences. Volume 53, 2016. International Scientific Conference Week of Science in SPbPU – Civil Engineering (SPbWOSCE-2015).

Р. О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д. А. КРІШКО, канд. техн. наук, ст. викл.,
В.О. САВЕНКО, канд. техн. наук, молод. наук. співроб., Б.Г. СІЯНКО, магістрант
Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета. Розгляд різних матеріалів та структур огорожувальних конструкцій та найбільш раціональні варіанти їх застосування за допомогою впровадження новітніх технологій та конструктивних рішень на етапі проектування та експлуатації будівлі.

Методи дослідження. На основі попереднього аналізу вироблення технологій та конструктивних рішень для подальшого втілення у будівництві на етапі проектування. Розробка новітніх матеріалів та конструкцій у відповідності до вимог сучасних будівельних норм проектування відносно до енергоефективності огорожувальних конструкцій будівлі. Втілення конструктивних рішень коли в багатошарових стінах є конструктивний шар та шар утеплювача – це так звана теплотехнічно-неоднорідна захисна конструкція та технології коли шар утеплювача та конструктивний шар збігаються – це теплотехнічно-однорідна захисна конструкція.

Наукова новизна. Комбінація матеріалів та конструктивних рішень між собою для досягнення максимального енергозберігаючого ефекту. Розробка методів енергоефективної комплексної модернізації вже існуючих будівель. Пряме вирішення проблем екологічного забруднення атмосфери через скорочення споживання енергоносіїв на потреби опалення побутового сектору. Виявлено питання економічного обґрунтування вибору стінових огорожувальних конструкцій і утеплювача.

Практична значимість. Втілення та пряме стимулювання розвитку ринку конструктивних рішень, матеріалів та технологій енергозбереження в будівництві. Подальше використання на етапі проектування будівлі конструктивних рішень, впровадження теплозахисної модернізації огорожувальних конструкцій будівель що вже існують, все це дозволяє суттєво знизити споживання теплової енергії тим самим знизити витрату енергоносіїв, та підвищення комфортності житлових приміщень. Вирішення проблеми довговічності матеріалів через економію енергоресурсів, що використовуються в захисних конструкціях.

Результат. Розробка новітніх матеріалів, конструктивних рішень, заходів теплової модернізації вже існуючих будівель. Впровадження новітніх енергозберігаючих технологій найкращим чином впливає не тільки економічну складову а також і на екологічну. Багатошарові захисні конструкції забезпечують не тільки енергоефективність будівлі, а й економічну ефективність, що досягається за допомогою скороченням тепловтрат і скороченням витрат на проведення подальших капітальних ремонтів цих конструкцій.

Ключові слова: огорожувальні конструкції; енергоефективні конструктивні рішення; модернізація будівель, утеплювач, захисна конструкція.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-118-123

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. В даний час відбувається інтенсивна зміна структури та матеріалів будівельних конструкцій з метою підвищення енергоефективності будівлі, а також покращення її зовнішнього вигляду та міцності. На даний момент накопичено певний досвід дослідження в галузі технологій будівництва огорожувальних конструкцій та їх монтажу, вивчено та розроблено методи енергозбереження у зведенні будівель промислового та цивільного застосування, виведено основні теплотехнічні та експлуатаційні властивості матеріалів даних конструкцій. Але, незважаючи на величезний внесок багатьох фахівців та дослідників даної галузі, проблема теплоефективності та довговічності використовуваних матеріалів, безсумнівно, залишається актуальною.

Огорожувальні конструкції є найважливішою частиною будівлі, від якої залежить отримання необхідного санітарно-гігієнічного режиму та комфортних умов у приміщеннях. Оскільки саме створення комфортного і сприятливого довкілля для людини є основним завданням будівництва в цілому, споруджувані конструкції повинні мати необхідну міцність, довговічність і теплостійкість, задовольняти загальні архітектурно-художні вимоги і, водночас, бути економічно вигідними у своїй реалізації [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Великий внесок у вивчення матеріалів та структур огорожувальних конструкцій зробили такі дослідники: Перфілов В.А., Лепілов В.І., Федюк Р.С., Кобельков Г.В., Дубинський С.І., Несвітаєв Г.В., Галямічов А.В., Цветков Д.М., Римарів А.Г., Лушин К.І., Park C., Kim N.H., Olmati P., Sagaseta. J., Cormie D., Ameer S. A., Chaudhry H.N., Agha A та ін.

У роботах наводяться приклади будівельних норм і зводів правил, що застосовуються при

проектуванні захисних будівельних конструкцій, а також порівняльні характеристики та класифікації даних нормативних значень [2-7].

Результати розробок нових матеріалів та будівельних технологій огорожувальних конструкцій будівель та споруд наведено у роботах [8-14].

Питання теплоефективності захисних конструкцій, а також методи впровадження в них енергоресурсозберігаючих технологій розглянуті в роботах [15-24].

Однак, незважаючи на великий обсяг досліджень, присвячених даній темі, до цього часу не було розглянуто основні тенденції вдосконалення будівельних захисних конструкцій.

Постановка задачі. Метою дослідження є розгляд різних матеріалів та структур огорожувальних конструкцій та найбільш раціональні варіанти їх застосування.

Викладення матеріалу і результати. Енергоефективна будівля – це будівля, яка призначена для забезпечення значного зниження енергетичних потреб, для опалення та охолодження, включаючи хороший мікроклімат. Енергоефективність будівлі досягається за рахунок архітектури будівлі, її ретельної ізоляції, високої продуктивності контрольованої вентиляції.

Одним із найпростіших і раціональних шляхів економії енергії в будівельній сфері визнано скорочення втрат тепла через огорожувальні конструкції будівель та споруд. Одним із варіантів підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій є застосування ефективних утеплювачів.

Основні фактори, що впливають на ефективність:

- рівень інженерного опрацювання рішення-ідеї, розрахунки, якість проектної документації;
- відповідність доступного рівня технології виконання робіт прийнятому конструктивному рішенню, інакше кажучи, технологічні можливості реалізації проекту;
- відповідність властивостей вибраних будівельних матеріалів умовам зведення та експлуатації конструкції.

Вибір матеріалу та конструктивної схеми несучої конструкції будівлі є відповідальним інженерним завданням, оскільки від її вирішення значною мірою залежать всі інші конструктивні елементи будівлі.

Огорожувальні конструкції – конструкції, що розділяють простори всередині будівлі на окремі об'єми або захищають внутрішній об'єм будівлі від зовнішнього середовища. Основне призначення – захист (огорожу) приміщень від температурних впливів, вітру, вологи, шуму, радіації і т.п., в чому полягає їхня відмінність від несучих конструкцій, що сприймають силові навантаження; це відмінність умовно, так як часто огорожувальні та несучі функції поєднуються в одній конструкції (стіни, перегородки, плити перекриттів та покриттів та ін.).

Огорожувальні конструкції поділяють на:

- зовнішні;
- внутрішні.

Зовнішні слугують головним чином захистом від атмосферних впливів. У сучасному світі висуваються підвищені вимоги до теплоізоляційних властивостей матеріалів, що входять до складу захисних конструкцій будівель і споруд. Це необхідно для підвищення якості внутрішнього повітря, зниження витрат теплової та електричної енергії, а також поліпшення екологічної обстановки в цілому. Тому постійно проводиться робота з розробки нових технологій виробництва будівельних матеріалів та виробів із підвищеними теплофізичними характеристиками. В даний час випускається багато різних полегшених будівельних матеріалів із підвищеними теплозахисними властивостями. Однак такі вироби мають один основний недолік: значні втрати тепла через конвекцію в повітряних прошарках. Для зниження впливу на систему теплопостачання необхідна оптимізація конструкцій з точки зору енергоефективності та теплозахисту, яка здійснена тільки при використанні шаруватих захисних конструкцій із застосуванням ефективного матеріалу в якості утеплювача.

Завдання внутрішніх конструкцій – це не тільки поділ простору по зонах, але і виступати як звукоізоляція. Також стіни з цегли можуть акумулювати тепло.

На даний момент пред'являються високі вимоги до енергоефективності та теплозахисту будівель, що призвело до використання нових типів багатошарових конструкцій із застосуванням ефективних, з точки зору високих теплозахисних властивостей, але мають значно менший термін служби порівняно з конструкційними матеріалами. Крім того, за час, який матеріали знаходяться в експлуатації, фізико-механічні властивості їх значно знижуються, що призводить або

до необхідності неодноразової заміни утеплювача, або, якщо ремонт неможливий, до повної заміни захисної конструкції в процесі експлуатації протягом усього життєвого циклу цієї конструкції.

Завдяки науковим дослідженням, на зміну традиційним будівельним матеріалам прийшли ефективні теплоізоляційні матеріали (в основному, мінеральна та скляна вата, екструдований та блоковий пінополістирол), довговічність яких в умовах експлуатації у більшості кліматичних районів країни ставить під сумнів. Цей висновок ґрунтується в основному на багаторічній практиці використання теплоізоляційних матеріалів в енергетиці (теплоізоляція трубопроводів гарячої води).

Проблеми довговічності матеріалів, що використовуються в захисних конструкціях так сильно актуальні в даний час в основному через економію енергоресурсів. Справа в тому, що враховуючи економічні наслідки застосування різних матеріалів в захисних конструкціях прийнято вважати тільки експлуатаційні витрати. І в такому випадку, безумовно, чим вищий рівень теплозахисту захисних конструкцій, тим експлуатаційні витрати нижчі. Проте, слід зазначити, що нині немає методик розрахунку амортизаційних витрат за проведення вимушених ремонтів фасадів будинків із різними типами стінових конструкцій. А це чималі витрати.

Припустимо, що кожні 20-30 років потрібно проводити повноцінний ремонт несучих конструкцій (стін), демонтаж і подальший за ним вторинний монтаж фасадних будівель, то збережені в результаті кошти, найімовірніше будуть використані для організації робіт з реконструкції огорожувальних споруд. А роботи, по суті, закладають не що інше, як витрати енергії: на виготовлення нових матеріалів, на експорт їх до об'єкта, підтримання робочого стану будівельної техніки і т.д. Якщо взяти до уваги бажаність подальшої переробки полімерної сировини, яка виступала як утеплювач, що містить токсичні для екологічної обстановки речовини, то менша витрата енергії від використання енергоефективних, але не довготривалих матеріалів може прийти в негативне значення, тобто стати збитковою. На даний момент самі виробники не в змозі назвати достовірну відповідь на питання, яким чином і в яке місце можна безпечно експлуатувати продукцію їх виробництва та як дорого це їм обійдеться.

Таким чином, термін служби будівельних матеріалів, що використовуються в багатошарових захисних конструкціях повинен забезпечувати не тільки енергоефективність будівлі, а й економічну ефективність, що досягається за допомогою скороченням тепловтрат і скороченням витрат на проведення подальших капітальних ремонтів цих конструкцій.

До традиційних методів підвищення енергоефективності відноситься утеплення зовнішніх захисних конструкцій. Щоб зменшити втрати, необхідно використовувати сучасні теплоізоляційні матеріали. Наприклад, піноскло має високі показники теплоізоляції, міцне, водостійке, не горить і не боїться перепадів температур.

Легкі пористі матеріали дають можливість зберегти тепло та зменшити енергетичні витрати.

Іншим способом зменшення теплових втрат є збільшення теплоізолюючої здатності вікна. Як відомо, через вікна будівлі можуть втрачати до 40% тепла, тому необхідно застосовувати сучасні вікна з тришаровим склінням та наносити тепловідбивне покриття.

Вибір розміру та форми будівлі або споруди також може сприяти енергозбереженню. При збільшенні ширини будівлі, загальна площа захисних конструкцій зменшується. Таким чином, знижуються втрати тепла через огорожувальні конструкції та питомі будівельні витрати.

У виборі форми потрібно віддавати перевагу будівлі з мінімальною кількістю зовнішніх кутів для того, щоб знизити тепловіддачу.

До способів підвищення енергоефективності відноситься застосування вентиляованих фасадів. Мінімізація втрат тепла відбувається за рахунок видалення надмірної вологи при природній циркуляції повітря у зазорі між зовнішньою обшивкою та вологозахисною мембраною.

Економічний аналіз поточної ситуації на ринку теплоізоляційних матеріалів та вартості робіт зі зведення огорожувальних конструкцій з їх використанням показує, що при довговічності матеріалів та конструкцій менше 50 років витрати на ремонт багатошарових захисних конструкцій (демонтаж стінової конструкції, утилізація утеплювача та подальша його заміна, зворотний монтаж кріплень та фасадних елементів) перевищують очікувану економію коштів від зниження витрат на опалення під час експлуатації.

Також варто відзначити, що виробники будівельних матеріалів не несуть відповідальності

за встановлений ними термін служби будівельних матеріалів, а будівельники, у свою чергу, несуть відповідальність протягом досить короткого періоду часу з моменту введення будівлі в експлуатацію (не більше 5 років). Це означає, що всі витрати, пов'язані з капітальним ремонтом зовнішніх захисних конструкцій лягають у повному обсязі на власників будівлі та/або державу.

При цьому слід додати, що вимоги до терміну служби захисних конструкцій потрібно суворо дотримуватися щодо житлових будівель. Що стосується будівництва великих торгових центрів, складів, автосалонів і критих автомобільних стоянок, виробничих цехів і приміщень, і подібних до них будівель і споруд, то для них термін служби в 50 років і вище зазвичай не є економічною умовою їх зведення та експлуатації, тому перераховані вище вимоги до забезпечення мінімально допустимого терміну служби матеріалів, що використовуються як утеплювач, та конструкцій, що включають такі матеріали, для перерахованих вище будівель можуть бути необов'язковими.

Таким чином, можна виділити основні проблеми:

відносно короткий термін служби матеріалів, що використовуються як утеплювач у багатошарових огорожувальних конструкціях;

економічна нерентабельність довгострокової експлуатації будівель з багатошаровими конструкціями, що захищають.

Одним із рішень проблеми малого терміну служби матеріалів, що використовуються як утеплювач у багатошарових захисних конструкціях є використання легких бетонів низької теплопровідності як шару теплоізоляції, що забезпечують як високий опір теплопередачі, так і однаковий термін служби з конструкційними матеріалами. Особливу увагу треба приділяти якості застосовуваних в конструкціях теплоізолюючих матеріалів і якості монтажних робіт при їх зведенні.

Досить складним виявляється і питання економічного обґрунтування вибору стінових огорожувальних конструкцій і утеплювача. Тому причиною є висока вартість теплоізоляційних матеріалів. Тому період окупності коштів на додаткове утеплення стінових захисних конструкцій часто перевищує прогнозований термін служби самих матеріалів.

Це показує, що на сьогоднішній день не можна повністю відмовлятися від використання у будівництві традиційних будівельних матеріалів. Принаймні, доки сучасні багатошарові системи утеплення фасадів не підтвердять на практиці свою користь у питанні забезпечення необхідного терміну служби (експлуатаційного терміну служби).

Надалі з метою поетапного зниження теплових втрат будівель та споруд необхідно поступово (наприклад, раз на шість років), у міру впровадження енергозберігаючих заходів та аналізу результатів їх спроможності в реальних умовах експлуатації, знижувати нормовані показники питомої витрати теплової енергії.

Такими способами можна вирішити дані проблеми. Згодом накопичиться певний досвід експлуатації будівель з високим рівнем теплозахисту захисних конструкцій. Стане ясно, які огорожувальні конструкції та в яких кліматичних регіонах застосовувати дійсно ефективно та економічно обґрунтовано, а від яких слід відмовитись.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Незважаючи на технічний прогрес і високий рівень технологій, залишаються гострими проблеми недовговічності матеріалів, що використовуються в огорожувальних конструкціях та економічної нерентабельності останніх у довгостроковій перспективі. Для огорожувальних конструкцій, що мають у своїй структурі шар утеплювача, пропонується використовувати легкі бетони низької теплопровідності як заповнювач цього шару. Він зможе забезпечити рівною мірою хорошу теплоізоляцію та тривалий термін служби, який можна порівняти з іншими конструкційними матеріалами. Особливу увагу варто приділити якості бетону, що застосовується, і монтажним роботам, щоб продовжити термін служби конструкції і виключити необхідність швидкого ремонту.

Досить складним є економічне питання. Через короткий термін служби матеріалів, що використовуються як утеплювач, необхідний ремонт фасадів, який включає демонтаж огорожувальних конструкцій, заміну утеплювача і зворотний монтаж. Ремонт огорожувальних конструкцій відбувається, як правило, вже після закінчення терміну гарантійного обслуговування будівлі. Це означає, що всі витрати лягають на власника будівлі. Як показує практика, витрати на ремонт конструкцій практично завжди перевищують суму, що заощаджується при використанні найбільш енергоефективних матеріалів. Також варто врахувати, що ціна енергоефектив-

них матеріалів є досить високою. З цього випливає, що на даний момент не можна повністю перейти на енергоефективні матеріали, зважаючи на великі витрати на їх придбання та подальше обслуговування таких конструкцій. Також підвищенню енергоефективності будівлі може допомогти поступове зниження показників питомої витрати теплової енергії у міру впровадження енергозберігаючих заходів. Таким чином, в даний час неможливо повністю перейти до використання енергоефективних матеріалів в захисних конструкціях різних структур. Але в міру накопичення досвіду та розвитку технологій можна поступово підвищувати енергоефективність будівель.

Список літератури

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 1071, – К., 2013. – 166 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
3. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2017. – 37 с.
4. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, 2018. – 37 с.
5. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. – CEN. – European Committee for Standardization. – 2008. – 76 p.
6. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту / Є. М. Іншеков, Є. Є. Нікітін, М. В. Тарновський, А. В. Чернявський. – К.: 2014. – 247 с.
7. Барзилович Д. В., Фаренюк Г. Г. Розвиток системи нормативних документів України із забезпечення енергозбереження та енергоефективності будівель // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 77. – С. 3-9.
8. Агєєва Т. П. Методичні основи оцінки енергозбереження та прогнозування енергоспоживання в сфері житлового та комунально-побутового обслуговування населення України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. – 2002. – 20 с.
9. Волюнский Б. Н. Конструктивные решения энергосберегающих зданий // Энергосбережение. – 2001. – № 3. – С. 67.
10. Гагарин В. Г. К обоснованию повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Журнал Стройпрофиль. – 2010. – № 1. – С. 21-23.
11. Алоян Р. М., Федосов С. В., Опарина Л. А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения. – Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.
12. Афанасьева, А. В. Проектирование наружных стен зданий с учетом энергосбережения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – 2002. – 148 с.
13. Дмитриев А. Н. Энергосберегающие ограждающие конструкции гражданских зданий с эффективными утеплителями. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – 2001. – 374 с.
14. Гончарова М. А. Производство строительных материалов (Экологические аспекты). – Липецк :Издво ЛГТУ, 2017. – 80 с.
15. Малявина Е. Г. Строительная теплофизика: учебное пособие – М.: МГСУ, 2011. – 152 с.
16. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Строительные материалы – 2010. – № 12 – С. 4-12.
17. Протасевич А. М., Калинина Л. С. Использование эффективных теплоизоляционных материалов при капитальном ремонте и реконструкции жилых зданий // Строительные материалы. – 2000. – № 8. – С. 10-13.
18. Попова Т. А. Экструдированный пенополистирол отечественного производства // Строительные материалы. – 1999. – № 2. – С. 29.
19. Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Плужник А. В. Термомодернизация зданий / // Містобудування та територіальне планування. – 2019. – Вип. 69. – С. 470-475.
20. Тімченко Р. А., Крішко Д. А., Буренкова А. В. Использование современных технологий энергосбережения в малоэтажной застройке городов // Містобудування та територіальне планування – 2015. – Вип. 55 – С. 443-447.
21. Тімченко Р. А., Крішко Д. А., Плужник А. В. Энергетическая независимость зданий // Містобудування та територіальне планування – 2017. – Вип. 63 – С. 373-378.
22. Тімченко Р. А., Крішко Д. А., Буренкова А. В. Принципы формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых зданий // Сталий розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції (22-25 травня 2015 р.). – Кривий Ріг: КНУ, 2015. – С. 122-123.
23. Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Плужник А. В. Використання передових технологій і матеріалів для реконструкції житлової забудови // Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем – 2017: Матеріали Міжвузівської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (21 квітня 2017 р.). – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – С. 104-107.
24. Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Плужник А. В. Автономні будівлі у міському будівництві // Розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції (24-26 травня 2017 р.). – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – С. 183

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф., О.М. ГРИЦАЄНКО, асист.,
Д.В. ПОПРУГА, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ ОПОР ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОРУД

Мета – визначити реальний технічний стан будівельних конструкцій, розробити рекомендації для виконання проекту на ремонтно-відновлювальні роботи по подовженню терміну безпечної експлуатації технологічних споруд.

Методи дослідження. Проведення інструментального обстеження будівельних конструкцій.

Наукова новизна. Запропоновані сучасні будівельні матеріали для виконання посилення несучих конструкцій технологічних споруд.

Практична значимість. Отримані результати дозволять розробити типові рішення щодо капітального ремонту подібних споруд.

Результати. Наведені результати обстеження технічного стану конструкцій опор технологічних споруд збагачувальної фабрики. Визначені основні дефекти і пошкодження отримані під час експлуатації споруд, здійснено аналіз їх причин. З метою подовження терміну безпечної експлуатації технологічних споруд рекомендовано вжити наступні першочергові заходи:

відновити методом нанесення готових ремонтних композиційних сумішей з полімерними домішками захисний шар бетону всіх залізобетонних конструкцій, що отримали категорію технічного стану "3" – непридатний до нормальної експлуатації та "2" – задовільний:

видалити слабкий захисний бетонний шар (товщина відбитого захисного шару не має перевищувати більше половини товщини стержня арматури), очистити поверхню від продуктів корозії;

очистити арматурну сталь від корозійних нашарувань до металевого блиску;

очистити поверхню конструкцій стисненням повітрям;

відновити за допомогою електрозварювання відірвані стержні арматури;

обробити очищену арматуру і зачищений бетон розчином, що знизить вплив вологи та окислення на арматуру;

після висихання ґрунтовки, поверхню бетону ретельно змочити водою без утворення на поверхні крапель;

приготувати безусадковий розчин і відновити геометричні розміри конструкцій методом нанесення готової ремонтної суміші шпателем;

на відновлені поверхні нанести шпателем захисне покриття шаром товщиною 2 мм;

виконати роботи по нанесенню захисного покриття на металеві елементи посилення залізобетонних стійок, попередньо очистивши поверхню елементів від бруду та продуктів корозії.

Ключові слова: опори технологічних споруд, технічне обстеження, дефекти, пошкодження, технічний стан, капітальний ремонт.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-123-127

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Технологічні споруди збагачувальних фабрик експлуатуються в несприятливих умовах під впливом багатьох негативних факторів. Обстеження технічного стану цих споруд дає можливість визначити негативні впливи, оцінити їх дію, встановити ступінь пошкоджень конструкцій, категорію їх технічного стану та визначити заходи щодо забезпечення їх подальшої безпечної експлуатації. Регулярний моніторинг та періодичні обстеження технологічних споруд дозволяють знизити до мінімуму витрати на можливі подальші ремонти та реконструкцію.

Об'єктом дослідження є 4 дешламатори №№ 121, 122, 123, 124 розташовані в осях 69-76 рядів Д-Е (секції №12-13) будівлі корпусу збагачення збагачувальної фабрики ПАТ «ЦГЗК» м. Кривий Ріг.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженню технічного стану будівельних конструкцій і сучасних способів їх підсилення присвятили свої роботи А.Я. Барашиков, С.В. Бондаренко, Б.А. Боярчук, О.Б. Голишев, О.Ю. Єрьоменко, О.Д. Журавський, Л.А. Мурашко і багато інших.

Визначення технічного стану інженерних споруд заслуговує особливого вивчення, оскільки складні умови роботи та навантаження, які вони сприймають, можуть значно зменшити ефективний строк їх експлуатації.

Постановка задачі. Оцінка технічного стану конструкцій опор дешламаторів. Розробка рекомендацій для виконання проекту на ремонтно-відновлювальні роботи з подовження терміну безпечної експлуатації технологічних споруд.

Викладення матеріалу та результати. Магнітні дешламатори – це технологічне обладнання збагачувальної фабрики, призначене для згущення магнетитових концентратів перед

фільтруванням на вакуум-фільтрах. Дешламатор представляє собою металевий циліндро-конічний чан з внутрішнім діаметром 6 м, що розташований на опорі. Розміщення дешламаторів в плані наведено на рис. 1.

Опора дешламатора представляє собою конструкцію, що складається із залізобетонних стійок, які спираються на залізобетонні фундаменти. Стійки сприймають навантаження від розташованої зверху кільцевої залізобетонної балки, на яку безпосередньо спирається дешламатор (рис. 2).

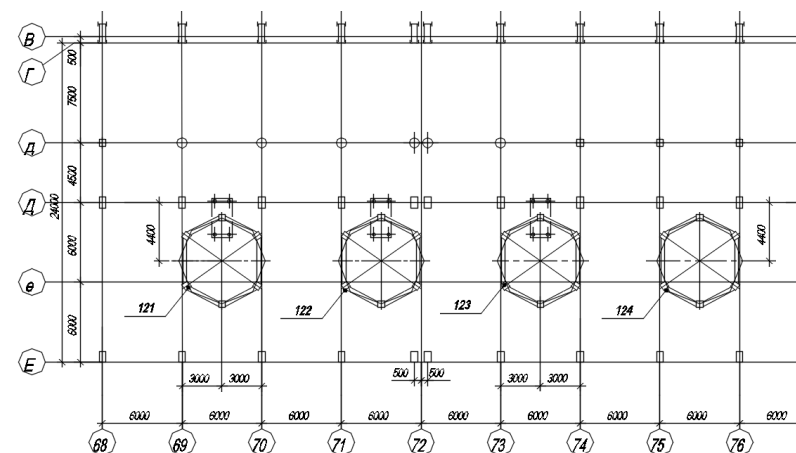
Дешламатор в осях 75-76 має 6 однотипних залізобетонних стійок з капітелями. Стійки перерізом 500×500 мм розташовані по кільцевій схемі. У дешламаторів в осях 69-70, 71-72, 73-74 одна зі стійок (в осях Д-Е) замінена рамною конструкцією, що складається з 4-х трубобетонних

стійок розташованих в двох рядах і об'єднаних зверху залізобетонним ригелем прямокутного перерізу (рис. 2).

Рис. 1. План дешламаторів

Труبوبетонна стійка представлена комплексною конструкцією, що складається зі сталеві оболонки (труби Ø260 мм) і залізобетонного ядра, які працюють спільно.

Результатом обстеження технічного стану конструкцій



опор магнітних дешламаторів є звіт [1].

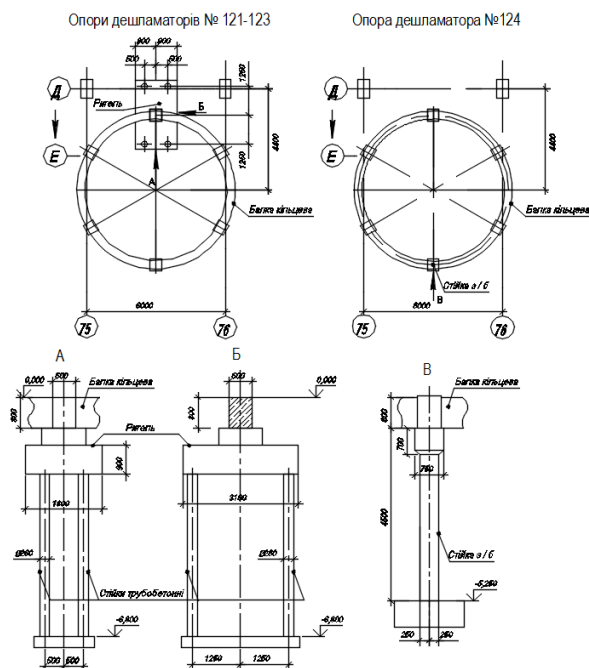


Рис. 2. Схеми опор дешламаторів

Обстеження виконано візуально-інструментальним методом, на основі проектної документації наданої замовником, за вимогами нормативних документів [8-10] з розробкою рекомендацій щодо подовження терміну безпечної експлуатації споруди [2-3, 5-6].

Під час обстеження встановлено: залізобетонні стійки посилені обоймами з металевих прокатних кутиків № 63, 75 на ділянках до 0,6...1,5 м від фундаменту або на висоту стійки до капітелі (в окремих випадках і капітелі); виконано ремонт захисного шару бетону стійок опор і кільцевих балок (включаючи ремонт монолітних стиків), після проведених робіт частина опалубки, що використана для заробки стиків кільцевих балок, не демонтована.

Виявлені такі дефекти конструкцій: руйнування сталевих оболонок трубобетонних стійок (силові тріщини, наскрізна корозія); повне руйнування трубобетонних стійок (включаючи також руйнування бетону залізобетонного осердя з деформацією й корозією арматурних каркасів); руйнування захисного бетонного шару залізобетонних стійок і кільцевих балок (тріщини, відколи, відшарування) з оголенням і корозією арматури, обривом хомутив; часткове руйнування бетону заповнення стиків балок; корозія обойми посилення залізобетонних стійок; практично всі конструкції покриті брудом, зволожені або мають сліди намокання.

Найбільш значимі пошкодження стійок і кільцевих балок опор дешламаторів наведені на рис. 3-5.

Таким чином, на підставі отриманих результатів обстеження, керуючись вказівками додатка В, розділу В.2 (табл.В.2.1) [10], технічний стан залізобетонних конструкцій опор під дешламатори №№ 121, 122, 123, 124 наступний:

- 18 стійок (8 залізобетонних і 10 трубобетонних) відноситься до категорії "4" - аварійний;
- 15 стійок (13 залізобетонних і 2 трубобетонні) відноситься до категорії "3" - непридатний до нормальної експлуатації;
- 4 кільцеві балки опор відносяться до категорії "3" - непридатний до нормальної експлуатації;
- 1 ригель відноситься до категорії "3" - непридатний до нормальної експлуатації;
- 2 залізобетонних ригеля відноситься до категорії "2" – задовільний.



Рис. 3. Найбільш характерні пошкодження трубобетонних стійок



Рис. 4. Найбільш характерні пошкодження залізобетонний стійок



Рис. 5 Найбільш характерні пошкодження кільцевих балок

Враховуючи те, що частина конструкцій опор під дешламатори №№ 121, 122, 123, 124 мають технічний стан, що відповідає категорії "4" – аварійний, загальний технічний стан опор магнітних дешламаторів №№ 121, 122, 123, 124 визнано як аварійний, категорія "4".

Аналізуючи результати обстеження визначено найбільш вразливі конструктивні елементи й несприятливі фактори, що впливають на несучу здатність, довговічність та експлуатаційну придатність конструкцій опор магнітних дешламаторів.

Технологічний процес експлуатації конструкцій опор магнітних дешламаторів збагачувальної фабрики пов'язаний з вібродинамічними навантаженнями середньої і значної інтенсивності, а також з підвищеною вологістю внаслідок періодичних протікань технологічних вод та регулярного гідрозмиву для прибирання, що призводить до постійного зволоження прилеглих конструкцій. Тому було прийнято рішення підсилити залізобетонні стійки обоймою з металевих прокатних кутиків, оскільки використання конструкцій із зовнішнім армуванням (трубобетонні стійки), в існуючих умовах, має певні недоліки. Питання якісного антикорозійного захисту будівельних конструкцій має бути пріоритетним. Ігнорування дії існуючих агресивних факторів призвело до появи деформацій та пошкоджень, що відображені в результатах наукової роботи.

З метою відновлення несучої здатності, надійності та довговічності необхідно вжити наступні заходи:

Першим етапом – з метою відновлення несучої здатності залізобетонних та трубобетонних стійок, що отримали категорію технічного стану "4" – аварійний, негайно провести посилення конструкцій за спеціально розробленими проектами.

До проведення ремонту встановити огороження небезпечних зон і згідно робочого проекту встановити тимчасові розвантажувальні стійки [4].

Другим етапом – з метою відновлення надійності та довговічності, провести ремонтно-відновлювальні роботи:

- а) відновити, методом нанесення готових ремонтних композиційних сумішей з полімерними домішками («Ксайлекс», «Sika», Рапікрет, Сілор, Віатрон тощо) [7], захисний шар бетону всіх залізобетонних конструкцій, що отримали категорію технічного стану "3" – непридатний до нормальної експлуатації та "2" – задовільний:

видалити слабкий захисний бетонний шар (товщина відбитого захисного шару не має перевищувати більше половини товщини стержня арматури), очистити поверхню від продуктів корозії;
очистити арматурну сталь від корозійних нашарувань до металевого блиску;
очистити поверхню конструкцій стисненим повітрям;
відновити за допомогою електрозварювання відірвані стержні арматури;
обробити очищену арматуру і зачищений бетон пасиватором (рідким розчином «Віатрон-Універсал», який містить інгібітори корозії), що знизить вплив вологості та окислення на арматуру;
після висихання ґрунтовки, поверхню бетону ретельно змочити водою без утворення на поверхні крапель;
приготувати безусадковий розчин «Віатрон 6», використавши наступний склад в'язучого: 30% - «Віатрон-Універсал» і 70% - цемент марки М400;
відновити геометричні розміри конструкцій використавши безусадковий розчин «Віатрон 6» методом нанесення готової ремонтної суміші шпателем;
на відновлені поверхні нанести шпателем товщиною 2 мм шар захисного покриття «Віатрон-Універсал»;

б) виконати роботи по нанесенню захисного покриття на металеві елементи посилення залізобетонних стійок (1 шар ґрунту ГФ-021 і 2 шари фарби ПФ-115), попередньо очистивши поверхню елементів від бруду та продуктів корозії.

Виконання даних рекомендацій дозволить відновити несучу здатність та продовжити термін нормальної експлуатації опор магнітних дешламаторів.

Висновки та напрямки подальших досліджень:

виконане дослідження з обстеження технічного стану конструкцій опор магнітних дешламаторів та аналіз отриманих даних, надали змогу визначити існуючий стан як окремих будівельних конструкцій так і споруд в цілому;

визначено найбільш вразливі конструктивні елементи й несприятливі фактори, що впливають на несучу здатність, довговічність та експлуатаційну придатність досліджених конструкцій, які слід враховувати на етапі проектування та під час експлуатації;

технічне обстеження надало можливість виявити дефекти і пошкодження конструкцій опор магнітних дешламаторів та розробити ремонтно-відновлювальні заходи для проведення подальших ремонтних робіт;

результатом науково-дослідної роботи, з обстеження технічного стану конструкцій опор магнітних дешламаторів збагачувальної фабрики, є продовження терміну експлуатації цих технологічних споруд.

Враховуючи, що проведенні дослідження надали результати, які є типовими для аналогічних споруд, рекомендовано використовувати їх при обстеженні та прийнятті проектних технічних рішень на відновлення технічного стану конструкцій опор магнітних дешламаторів.

Список літератури

1. Пояснительная записка №4-18106-22-АС.КМ.ОР.ПЗ, Том 1. Обмерно-обследовательские работы. Капитальный ремонт секций №12-13 корпуса обогащения обогатительной фабрики. 50066, Днепропетровская обл., г. Кривой Рог, ЧАО «ЦГОК». ГП «ГПИ «Кривбаспроект», м. Кривий Ріг, 2018. – 53 с.
2. **Валовой О.І.** Обстеження конструкцій залізобетонного балочного-розрізного пішохідного мосту / **О.І. Валовой, О.М. Грицаєнко, Д.В. Попруга** // Гірничий Вісник. Збірник наукових праць. - Кривий Ріг: КНУ, 2019. - Випуск 105. - С. 149-153.
3. **Валовой О.І.** Виготовлення будівельних конструкцій армованих металевою і склопластиковою арматурою з бетонів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів / **О.І. Валовой, Д.В. Попруга, С.В. Люльченко, К.В. Чорна** // Гірничий Вісник. Збірник наукових праць. - Кривий Ріг: КНУ, 2018. - Випуск 104. - С. 130-135.
4. **Валовой М.О.** Ефективні матеріали для підсилення залізобетонних конструкцій / **М.О. Валовой, Д.В. Попруга** // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2008. – С. 7-13.
5. **Валовой О.І.** Особливості використання композитної арматури в згинальних бетонних елементах / **О.І. Валовой, Д.В. Попруга, К.В. Чорна** // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – Луцьк: ЛНТУ, 2017. – Вип. 8. – С. 58-64.
6. **Попруга Д.В.** Використання склопластикової композитної арматури в згинальних елементах виготовлених з бетонів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів / **Д.В. Попруга, О.І. Валовой** // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – Вип. 44. – С. 147-150.
7. **Валовой М.О.** Дослідження фізико-механічних властивостей залізобетонних балок з використанням нових будівельних матеріалів / **М.О. Валовой, Д.В. Попруга** // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ, 2008. – С. 202-206.
8. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.

– К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 29 с.

9. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 44 с.

10. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. К.: Мінрегіонбуд України, 2017 р. – 80 с.

УДК 669.162.16

Є.В. ЧУПРИНОВ, Ф.М. ЖУРАВЛЬОВ, кандидати техн. наук, доценти,

Д.О. КАССИМ, д-р техн. наук, проф.

Державний університет економіки і технологій

А.К. ТАРАКАНОВ, д-р техн. наук, проф.

Український державний університет науки і технологій

Ю.В. РЕКОВ, канд. техн. наук, доц.

Технічний університет «Метінвест політехніка»

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОШАРОВОГО СПІКАННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ

Мета. Розробка удосконаленої технології спікання агломерату, що дозволяє підвищити питому продуктивність аглопроцесу, знизити питому витрату вуглецю твердого палива, зменшити вміст залишкового вуглецю та дріб'язку в агломераті, а також покращити характеристики міцності агломерату.

Методи дослідження. Для дослідження режимів агломераційного спікання двошарових шихт використовувалися лабораторні напівпромислові установки агломераційного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та Навчально-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій. Відпрацювання технологій отримання лабораторних шихт здійснювалося на лабораторному барабанному огрудкувачі. Визначення металургійних характеристик палива та огрудкованих матеріалів проводилося за методами Державних стандартів України: ДСТУ 4703:2006, ДСТУ 3206-95, ДСТУ 3200-95, ДСТУ 3202-95, ДСТУ 3205-95.

Наукова новизна. В статті вперше науково обґрунтовані оптимальні співвідношення кількості твердого палива, його крупності та реакційної здатності у верхньому та нижньому шарах аглошихти при її двошаровому спіканні.

Практична значимість. Розроблено вдосконалену технологію виробництва агломерату з оптимізацією витрати, гранулометричного складу та реакційної здатності твердого палива в шарах агломераційної шихти.

Результати. Проведені дослідження з вивчення режимів спікання двошарових шихт з різною кількістю та реакційною здатністю твердого палива у верхньому та нижньому шарах шихти, що спікається. У базову шихту вводили всю задану кількість палива з однаковою середньою реакційною здатністю ($CRI = 36,7\%$). У дослідну шихту попередньо вводили до 30 % необхідної питомої витрати вуглецю, що вноситься високореакційним ($CRI > 37\%$) твердим паливом, а решту необхідного вуглецю розподіляли нерівномірно по шарах шихти. У верхній шар вводили вуглецю на 5-15 % більше необхідної витрати на шар у вигляді високореакційного палива, а в нижній – на 2 % менше від необхідного у вигляді низькореакційного палива, моделюючи процес двошарового спікання шихти. Показано, що запропонована та відпрацьована технологія дозволяє підвищити продуктивність процесу виробництва агломерату, знизити питому витрату вуглецю твердого палива, зменшити вміст залишкового вуглецю та дріб'язку в агломераті, а також покращити характеристики міцності агломерату.

Ключові слова: агломерат, тверде паливо, реакційна здатність, питома продуктивність, міцність

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-127-131

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Верхньому горизонту агломераційного шару, що спікається, не вистачає для набуття агломератом необхідної міцності 40-50 % від необхідної кількості теплоти, у той же час нижній горизонт шару отримує за рахунок регенованої у верхніх горизонтах шару теплоти газами, що просмокуються, до 70 % надлишку. Це призводить як до погіршення середніх значень металургійних характеристик всього шару агломерату, так і до перевитрати твердого палива. Це вимагає вдосконалення технології спікання агломерату.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженнями авторів [1-3] уперше було показано, що при шаровому спіканні аглошихти на конвеєрних агломераційних машинах верхній і нижній горизонти шару отримують різну кількість теплоти від згоряння в шарі твердого палива. Запро-

поновані та випробувані тоді у промислових умовах варіанти зміни технології та завантажувального пристрою шихти на агломашину для збільшення кількості твердого палива у верхньому горизонті шару та, відповідно, збільшення приходу в цей шар теплоти, а також імпульсна подача та спалювання у шарі газу не дали очікуваних результатів [4-6]. Одночасно було вивчено вплив крупності та реакційної здатності твердого палива в аглошихті на агломераційний процес та властивості агломерату, визначено оптимальну (0-3 мм) крупність палива та межі раціональних змін його кількості у сумішах з різною реакційною здатністю [7-10]. Було розроблено та вивчено технологію двошарового спікання аглошихти з різною кількістю твердого палива в кожному шарі [11-14]. При певному ускладненні технологічної схеми підготовки та укладання двох шихт на агломашину, така технологія дозволяє, за рахунок перерозподілу кількості твердого палива у верхньому та нижньому шарах, підвищити характеристики міцності агломерату. Однак, при цьому дещо збільшується газодинамічний опір шару, що спікається, і підвищується вміст залишкового вуглецю у його верхній частині. Отже, не всі можливості цієї технології вичерпані і потрібне її вдосконалення. Розроблені способи [15-17] показали, що оптимізація кількості, крупності та реакційної здатності твердого палива у верхньому та нижньому шарах аглошихти сприяє суттєвому поліпшенню металургійних характеристик сировини та підвищенню питомої продуктивності агломашини.

Постановка задачі: дослідити і відпрацювати режими спікання двошарових шихт, що забезпечують зниження питомої витрати палива та поліпшення металургійних характеристик агломерату.

Викладення матеріалу та результати. Для відпрацювання оптимальної технології спікання агломерату проведені дослідження з вивчення режимів спікання двошарових шихт з різними кількостями і реакційною здатністю твердого палива в верхньому і нижньому шарах шихти, що спікається. Дослідження проводилися на напівпромислових лабораторних установках типу «аглочаша», що дозволяють адекватно моделювати промисловий процес: лабораторній напівпромисловій установці агломераційного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» з внутрішнім розміром чаші 300 × 300 мм, висотою шару, що спікається, 300-500 мм (рис. 1); лабораторній напівпромисловій установці Навчально-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій з внутрішнім діаметром чаші 100 мм, висотою шару, що спікається 300 мм (рис. 2).



Рис. 1. Лабораторна напівпромислова установка агломераційного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»



Рис. 2. Лабораторна напівпромислова установка ННТИ Державного університету економіки і технологій

Методикою проведення роботи передбачалося, що кількість і фізико-хімічні характеристики залізорудної і флюсової складової в верхньому і нижньому шарах аглошихти у всіх випробуваннях були постійними. Хімічний склад і теплотехнічні характеристики твердого палива, що використовувалося в шарах аглошихти також не змінювалися. Змінювалися лише кількість і реакційна здатність твердого палива у верхньому і нижньому шарах завантажуваної в аглочашу шихти. Газодинамічні та температурні параметри спікання аглошихти у всіх випробуваннях також витримувалися незмінними. В якості палива з низькою реакційною здатністю використовували антрацит, а з високою реакційною здатністю – коксовий дріб'язок.

У першу чергу було здійснено спікання базової шихти, в яку вводилася вся задана кількість твердого палива з однаковою середньою ($CRI = 36,7 \%$) реакційною здатністю і крупністю (0-3 мм). Режим спікання базової шихти відповідав прийнятим режимам на діючих аглофабри-

ках. У всіх дослідах для перевірки достовірності проводили по три спікання, при цьому отримані результати практично не відрізнялися між собою. У таблиці представлені середні арифметичні характеристики агломерату, отриманого з базової шихти. Якість агломерату, отриманого за розробленими технологіями, порівнювалася з агломератом з базової шихти.

В дослідну вихідну шихту попередньо вводили 10-30 % від усього розрахованого необхідного загального значення питомої витрати вуглецю, яке вносилося високореакційним ($CRI > 37\%$) твердим паливом. Після цього решту необхідного палива додавали роздільно: у верхню половину шару шихти вводили додатково вуглець твердого палива також з високою ($CRI > 37\%$) реакційною здатністю в кількості на 5-15 % більше середнього розрахункового значення вуглецю в усьому шарі, а в нижню половину шару вводили вуглець твердого палива з низькою ($CRI < 37\%$) реакційною здатністю в кількості на 10-20 % менше середнього розрахункового значення потрібного вуглецю у всьому шарі.

Уведення 10-30 % від розрахованого необхідного загального значення питомої витрати вуглецю, яке вноситься високореакційним ($CRI \geq 37\%$) твердим паливом у вихідну шихту для верхньої половини шару і рівномірний його розподіл в огрунтованій шихті по висоті всієї верхньої половини агломераційного шару за рахунок його займання при менших температурах дозволяє раніше створювати джерело теплоти та сприяти повному вигорянню в цій частині шару низькореакційного палива. Збільшена кількість високореакційного палива у верхній половині шару дозволяє отримати необхідну температуру і необхідну кількість теплоти для якісного спікання шихти в цій частині шару до моменту різкого охолодження агломерату холодним повітрям.

Результати випробувань, наведені в таблиці, показують, що оптимальні показники відповідають дослідним періодам 2 і 3 із зазначеними співвідношеннями вмісту вуглецю в шихті, а також у верхній і нижній половинах агломераційного шару шихти, що містять тверде паливо з високою ($CRI \geq 37\%$) і низькою ($CRI < 37\%$) реакційною здатністю. Отримані результати дозволяють підвищити питому продуктивність з 1,41 до 1,45-1,46 т/м²·год; питому витрату вуглецю твердого палива знизити з 52,3 до 50,6-51,1 (кг С)/т, вміст залишкового вуглецю в агломераті зменшити з 1,6 до 0-0,1 %, вміст дріб'язку в агломераті знизити з 8,5 до 6,7-7,2 %, а також покращити характеристики міцності агломерату.

Таблиця

Вплив кількості, крупності та реакційної здатності твердого палива у верхньому та нижньому шарах аглошихти на технологію спікання та якість агломерату

Періоди досліджень	Питома продуктивність аглочаші, т/м ² ·ч	Загальна питома витрата вуглецю, кг/т агломерату	Вміст вуглецю, %		Вміст залишкового вуглецю в агломераті, %
			розрахований у всьому шарі аглошихти	у шарах шихти в аглочаші	
Базовий: верх шару ($CRI=36,7\%$) низ шару ($CRI = 36,7\%$)	1,41	52,3	4,36		1,6
				4,36	2,8
				4,36	0,7
Дослідний 1: верх шару ($CRI > 37\%$) низ шару ($CRI < 37\%$)	1,30	51,9	4,29		0,6
				4,52	0,7
				4,06	0,4
Дослідний 2: верх шару ($CRI > 37\%$) низ шару ($CRI < 37\%$)	1,45	50,6	4,25		0,1
				4,58	0,1
				3,92	0
Дослідний 3: верх шару ($CRI > 37\%$) низ шару ($CRI < 37\%$)	1,46	51,1	4,31		0,1
				5,01	0
				3,39	0,1
Дослідний 4: верх шару ($CRI > 37\%$) низ шару ($CRI < 37\%$)	1,38	52,1	4,49		0,5
				5,23	0,7
				3,34	0,2

Періоди досліджень	Вміст дріб'язку 0-5 мм в агломераті, %	Барабанна проба, %		Вміст в агломераті, %		
		міцність на удар (+5 мм)	показник стираності (0-0,5 мм)	Fe _{аг}	FeO	основність, д.од.
Базовий: верх шару (CRI=36,7 %) низ шару (CRI = 36,7 %)	8,5	63,1	7,3	53,6	11,7	1,28
Дослідний 1: верх шару (CRI >37 %) низ шару (CRI <37 %)	8,3	63,2	7,1	53,5	11,9	1,30
Дослідний 2: верх шару (CRI >37 %) низ шару (CRI <37 %)	7,2	65,1	6,4	53,7	11,2	1,27
Дослідний 3: верх шару (CRI >37 %) низ шару (CRI <37 %)	6,7	66,3	5,7	53,9	11,3	1,29
Дослідний 4: верх шару (CRI >37 %) низ шару (CRI <37 %)	7,9	63,6	7,2	53,4	11,5	1,25

Висновки та напрямок подальших досліджень. У ході проведених досліджень було визначено оптимальні режими спікання із зазначеним співвідношенням вмісту вуглецю у двошаровій шихті. Показано, що використання палива з високою (CRI ≥ 37 %) та низькою (CRI < 37 %) реакційною здатністю за розробленою технологією дозволяє поліпшити середні значення металургійних характеристик всього шару агломерату та знизити питому витрату твердого палива. Запропонований спосіб агломерації дозволяє підвищити питому продуктивність агломераційного процесу, знизити питому витрату вуглецю твердого палива, зменшити вміст залишкового вуглецю в агломераті і поліпшити характеристики міцності агломерату. Напрямок подальших досліджень повинні стати промислові відпрацювання розробленої технології.

Список літератури

1. Сигов В.А. Агломерационный процесс / Сигов В.А., Шурхал В.А. – К.: Техника, 1969. – 232 с.
2. Структура и физические свойства агломерата из руд КМА, полученного на агломашине с площадью спекания 252 м² при двухслойной загрузке шихты / [Г.В. Коршиков, С.И. Шаров, Е.В. Невмержицкий и др.]. // Сталь. – 1971. – №1. – С. 3–8.
3. Снижение расхода твердого топлива на процесс спекания путем рационального перераспределения его по высоте загружаемого слоя / Ю.С. Кравец, В.Е. Шешегов, В.П. Маймур, В.Д. Кучук // Сталь. – 1984. – №7. – С. 7–9.
4. Изучение распределения гранул окомкованной агломерационной шихты при загрузке на спекательные тележки / [А.А. Вовк, П.М. Челгий, В.Е. Шешегов и др.]. // Металлургия и коксохимия. – Вып. 75. – 1982. – С. 8–11.
5. Новая технология загрузки шихты на агломашину / [Ю.С. Кравец, В.Е. Шешегов, П.М. Челгий и др.]. // Металлург. – 1982. – №9. – С. 15–17.
6. Оптимизация режима сжигания газообразного и твердого топлива при агломерации / [В.В. Дябин, А.Г. Михалевич, Б.Н. Серебренников и др.]. // Сталь. – 1984. – №7. – С. 8–11.
7. Карабасов Ю.С. Использование топлива в агломерации / Карабасов Ю.С., Валавин В.С. – М.: Металлургия, 1976. – 263 с.
8. Ефимов С.П. Влияние крупности топлива на процесс агломерации и качество агломерата / С.П. Ефимов, Г.Г. Ефименко // Известия вузов Черная металлургия. – 1970. – №9. – С. 21–24.
9. О механизме влияния крупности коксовой мелочи на агломерационный процесс / [Ю.С. Карабасов, А.Н. Похвиснев, Е.Ф. Шкурко и др.]. // Известия вузов Черная металлургия. – 1975. – №11. – С. 22–26.
10. Об эффективной реакционной способности агломерационного топлива и оптимальной высоте спекаемого слоя / [Ю.С. Карабасов, В.С. Валавин, В.Л. Севрюгин и др.]. // Известия вузов Черная металлургия. – 1975. – №3. – С. 36–40.
11. Хлапонин Н.С. О двухслойном спекании аглошихты / Н.С. Хлапонин, В.Н. Кривошеев, В.В. Андронов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1967. – №4. – С. 8–10.
12. Анализ газодинамической работы агломерационных машин АКМ-312 Новолипецкого металлургического комбината / [Ю.А. Фролов, Б.С. Расин, С.Л. Зевин и др.]. // Сталь. – 1993. – №2. – С. 5–10.
13. Ефименко Г.М. Подача топлива в агломерационную шихту на аглофабрике ЗСМК по двухслойной схеме / Г.М. Ефименко, В.В. Дябин, Б.И. Колокольников // Сталь. – 1974. – №10. – С. 876–878.
14. Михалевич А.Г. Степень использования топлива при различных режимах спекания / А.Г. Михалевич, А.И. Кузнецов, В.Е. Тихомиров // Известия вузов Черная металлургия. – 1979. – №9. – С. 149–151.

15. Патент України №78006, МПК C22B 1/16. Спосіб агломерації залізовмісних матеріалів / Журавльов Ф.М., Лялюк В.П., Тараканов А.К., Учитель О.Д., Кассім Д.О., Ляхова І.А., Чупринов Є.В. – № заявки 2012 08002. – Заявл. 27.06.2012. – Опубл. 11.03.2013. – Бюл. №5.
16. Патент України №78007, МПК C22B 1/16. Спосіб агломерації залізовмісних матеріалів / Журавльов Ф.М., Лялюк В.П., Тараканов А.К., Учитель О.Д., Кассім Д.О., Ляхова І.А., Чупринов Є.В. – № заявки 2012 08003. – Заявл. 27.06.2012. – Опубл. 11.03.2013. – Бюл. №5.
17. Патент України №76683, МПК C22B 1/16. Спосіб агломерації залізовмісних матеріалів / Журавльов Ф.М., Лялюк В.П., Ляхова І.А., Кассім Д.О., Чупринов Є.В. – № заявки 2012 08164. – Заявл. 03.07.2012. – Опубл. 10.01.2013. – Бюл. №1.

УДК 504.06.628.5

О. Є. ЛАПШИН, О. О. ЛАПШИН, доктори техн. наук, професори,
М. В. ХУДИК, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛЕКТИВНОГО ЗАХИСТУ ВІД ВИРОБНИЧОГО ШУМУ В ГІРНИЦТВІ

Мета. Видобування і переробка корисних копалин потребує використання потужних машин, механізмів та приладів, робота яких супроводжується надходженням у виробниче середовище інтенсивного шуму. Під шумом розуміють поєднання звуків різних інтенсивностей, частот та тиску, які негативно впливають на організм людини. Шум може викликати миттєву глухоту або пошкодження органу слуху. Метою цього дослідження є підвищення ефективності захисту працюючих в гірництві від виробничого шуму.

Методи дослідження. Для досягнення мети застосовувався комплексний метод дослідження, який передбачає аналіз існуючих способів зниження впливу шуму на працюючих, лабораторні дослідження ефективності захисту від виробничого шуму шляхом його поглинання в місцях шумоутворення.

Наукова новизна. Надано характеристику шкідливої дії виробничого шуму в гірництві, визначено ефективність звукоізолюючої здатності різних матеріалів, що покладено в основу рекомендацій з підвищення захисту працюючих від дії широкопasmового шуму.

Практичне значення. Розроблено конструкції абсорбційного глушника для вентиляторів місцевого провітрювання гірничих виробок і шумоізолюючої kabіни для машиністів гірничих машин, в основу яких покладено здатність поглинання широкопasmового шуму в звукопоглинаючих матеріалах.

Результати. Приведено кількісні величини рівнів шуму, які виникають при роботі перфораторів, вентиляторів місцевого провітрювання, станків глибокого буріння, дробильних установок та млинів на збагачувальних фабриках. Установлено ефективність звукопоглинання різних матеріалів, що дозволило розробити конструкції абсорбційного глушника шуму для осьових вентиляторів та шумоізолюючих kabін для машиністів гірничих машин і персоналу збагачувальних фабрик. В роботі запропоновано в якості колективного захисту працюючих в гірництві від виробничого шуму застосування глушників на виході з вентиляторних установок місцевого провітрювання. В якості звукопоглинаючого матеріалу в глушниках рекомендовано застосування мінеральної вати, що дозволяє знизити рівень шуму на 10-15 дБ. При неможливості зниження рівня шуму в місцях його утворення рекомендовано споруджувати звукоізоляційні kabіни з оглядовими вікнами та пультами дистанційного управління. Стіни таких kabін виконують з багатошарового звукопоглинаючого матеріалу, що дозволяє знизити рівень шуму в приміщенні камери нижче допустимих значень.

Ключові слова: виробничий шум, глушник шуму, звукопоглинальний матеріал, шумоізолююча kabіна, звукоізоляція, кожух, екран, навушник.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-131-137

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Розробка родовищ корисних копалин здійснюється за допомогою потужних гірничих машин і механізмів, які працюють з надходженням у виробниче середовище шуму з надмірною інтенсивністю. Щоденна праця обслуговуючого персоналу в умовах надмірного шуму призводить до розвинення у них професійної хвороби – приглухуватості або неврит слухового нерва. Статистичні данні свідчать про відсутність ефективних заходів боротьби з шумом в гірництві, про що свідчать численні випадки захворювань працюючих гірництва на неврит слухового нерва. Таке становище негативно впливає на загальні умови праці в гірництві, а також знижуються економічні показники підприємств через виплати за втрату працездатності працівників, які отримали професійне

захворювання. Виходячи з таких обставин, питання захисту працюючих в гірництві від шуму залишається актуальним і потребує подальшого дослідження і розроблення ефективних як колективних, так і індивідуальних засобів зниження впливу інтенсивного шуму на працюючих.

Питанню боротьби з шумом присвячені дослідження багатьох науковців і спеціалістів промисловості. В роботі вирішується проблема зниження шуму на робочих місцях відповідно до закону України «Про охорону праці», прийнятому 14.10.1992 р.

Аналіз досліджень і публікацій. Питанням захисту працюючих від впливу надмірного шуму присвячені роботи Абракітова В. А., Злобінського Б. М., Клячка Л. Н., Юдіна Е. Я та інших науковців, в яких надані теоретичні дослідження і практичні розробки зниження шуму на виробництві, а також в житлових кварталах великих міст [1-5]. Так, в монографії Абракітова В. А. теоретично доведено багаторазове відбиття звуку шляхом акустичних розрахунків [1]. Ця монографія присвячена проблемі зниження шуму на робочих місцях і в житлових масивах з метою забезпечення акустичної безпеки працюючих і населення. Відповідно до ГОСТу 12.0.003-74 підвищений рівень шуму визначений небезпечним шкідливим фактором і вимагає здійснення його зниження до нормативних значень. В роботі [2] вирішується проблема прогнозування шумового режиму в містах, проте рекомендацій для зниження шуму в гірництві немає.

Стаття Клячка Л. Н. присвячена захисту від шуму і вібрації в чорній металургії [3], а щодо гірництва, то в цій статті рекомендацій не надано, хоча запропоновано застосовувати захисні екрани для працюючих в металургії.

У довіднику Злобінського Б. М. надано інструкції для правильного вимірювання параметрів шуму і їх обробки, наведена методика акустичних вимірювань, крім того наведені дослідження звукоізолюючої здатності огорожувальних конструкцій [4]. Надані методики та інструкції стосуються контролювання загальних параметрів шуму, які виникають на виробництві, а зниження шуму при роботі гірничого обладнання у цьому довіднику не наведено.

Довідник Юдіна Е. Я. присвячений боротьбі з шумом в машинобудуванні, який містить комплексні відомості про захист працюючих від шуму на виробництві [5]. У довіднику викладені основи технічної акустики і вимоги до захисту від шуму, надана характеристика аеродинамічного, електромагнітного та інших шумів, приведені методи їх зниження в джерелі виникнення. Викладені основні методи і способи боротьби з шумом – це звукоізоляція, звукопоглинання, застосування засобів індивідуального захисту. Разом із цим цей довідник не містить заходів боротьби з шумом при роботі бурових верстатів, шахтних вентиляторів, компресорних установок і перфораторів при бурінні шпурів.

Аналіз досліджень і публікацій, пов'язаний з проблемою захисту від виробничого шуму, свідчить про широкий спектр поглядів щодо шкідливості шуму, надані теоретичні розробки характеристики шуму та рекомендовані різноманітні профілактичні заходи і пропозиції щодо зниження впливу шуму на працюючих.

Постановка задачі. Використання потужної техніки в гірництві супроводжується утворенням шуму високої інтенсивності, який глибоко діє на органи слуху і може призвести до професійного захворювання, а також до шумового травмування. Виходячи з обставин, що для умов гірництва недостатньо ефективних засобів захисту від виробничого шуму, завданням цього дослідження є розробка засобів його поглинання або звукоізоляції.

Викладення матеріалу та результати. Надмірний шум на виробництві негативно впливає на органи слуху. Тривала праця в приміщеннях з надмірним шумом може привести до професійного захворювання або до шумової травми, яка може статися під час вибухових робіт. При цьому у потерпілих спостерігається головний біль, шум і біль у вухах, навіть ушкодження барабанної перетинки. Це проявляється в зниженій працездатності та зменшенні продуктивності праці на 10-20 %, а також в збільшенні на 20-30 % загальної захворюваності [16-18]. Частота захворювань серед працюючих в умовах інтенсивного шуму гірничих підприємств у 2,9 разів більше, ніж у робочих малощумних цехів [19].

За даними сучасних досліджень рівень шуму під час роботи гірничих машин при підземному видобуванні руди становить 83-115 дБА, а в металургійних цехах цей рівень становить 80-100 дБА. На дробильно-сортувальних фабриках гірничо-збагачувальних комбінатів спостерігається високий рівень шуму (84-94 дБА) на робочих місцях машиністів дробарок, грохотів і конвеєрів [7,8]. Згідно вимог державних норм ДСН 3.3.6.037-99 рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати величин, зазначених у табл.1 [15].

Допустимі рівні звукового тиску та рівні шуму шум на робочих місцях в промисловості

Показники	Середні геометричні частоти октавних смуг, Гц								Рівні шуму, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Рівні звукового тиску на робочих місцях, дБ								
Робочі місця	95	87	82	78	75	73	71	69	80
В кабінах машиністів	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Як свідчать дані величин рівнів шуму в гірництві у більшості випадків вони перевищують допустимі значення, що суперечить законодавчим нормам і правилам [11-14].

У гірництві розрізняють шум механічного і аеродинамічного походження. Механічний шум виникає при вібрації частин дробарок, грохотів і конвеєрів та іншого обладнання, а аеродинамічний шум виникає при вихлопі, пульсаціях тиску та при вихроутвореннях в трубопроводах з стисненим повітрям.

Так, робота перфораторів, станків глибокого буріння і породонавантажувальних машин та вентиляторів супроводжується виникненням механічного і аеродинамічного шуму, а робота дробарок, грохотів і конвеєрів супроводжується виникненням механічного шуму.

Захист працюючих від шкідливого впливу механічного шуму передбачається здійснювати шляхом обладнання кожухів на шумоутворюючому обладнанні і звукопоглинання за допомогою звукоізолюючих кабін. Зниження аеродинамічного шуму доцільніше здійснювати за допомогою абсорбційних глушників і шумоізолюючих екранів. Для визначення ефективності звукопоглинання різних матеріалів були проведені лабораторні випробування на установці представленої на рис. 1.

Рис. 1. Схема акустичної моделі: 1 – камера; 2 – конфузор; 3 – замок; 4 – шумомір; 5 – монтажна коробка; 6 – вимикачі гучномовців; 7 – вимикач електричного дзвінка; 8 – гучномовці; 9 – електричний дзвінок; 10 – замок; 11 – рамка для закріплення пластин; 12 – ущільнювач

Лабораторна установка для проведення досліджень складається з акустичної моделі, звукового генератора і шумоміра. Акустична модель містить камеру 1 із ущільнювачем 12, кришку з конфузorzом 2 і замком 3. В отвір конфузора 2 встановлено мікрофон шумоміра 4. На задній стінці камери 1 встановлена монтажна коробка 5 з трьома вимикачами 6 для послідовного включення гучномовців 8 і вимикач 7 для включення електричного дзвінка 9. На кришці 2 зі внутрішнього боку на шарнірах підвішена рамка 11, що притискується до кришки за допомогою замка 10. Рамка 11 потрібна для закріплення пластин звукоізолюючих матеріалів, що встановлюють у віконний проріз кришки 2.

Визначення звукоізолюючої здатності різних матеріалів здійснювалося наступним чином. Шумомір Ш-63 готується до вимірювань рівнів шуму. Кришка з конфузorzом 2 замикається. Мікрофон шумоміра встановлюється в отвір конфузора. Потім вмикається вилка шнура генератора ГЗШ-63 (рис. 2) у електричну мережу. Вимикач 1 поставити в положення «Вкл.», при цьому загоряється сигнальна лампа 2. Ручка перемикача діапазонів 6 устатковується проти позначки х1. Ручка «Підсилення» 5 устатковується у праве положення. Обертаючи ручку шкали 3, устатковується цифра «40» шкали напроти штриха покажчика. Включається один із гучномовців.

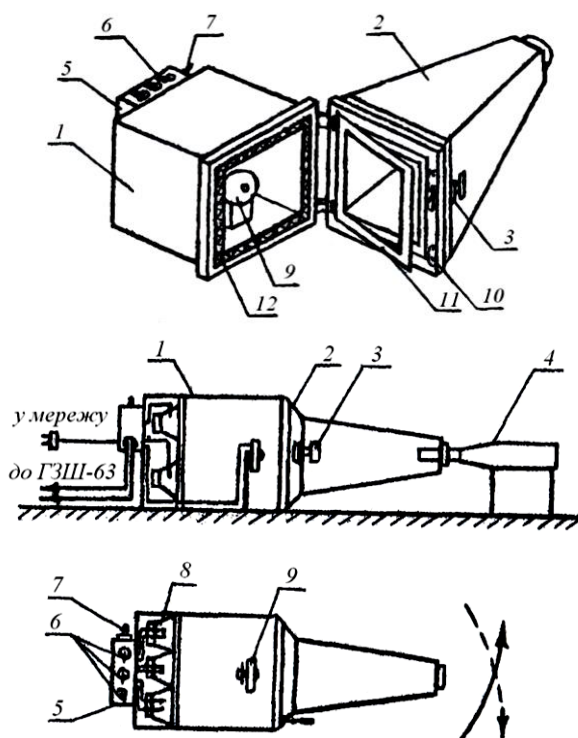
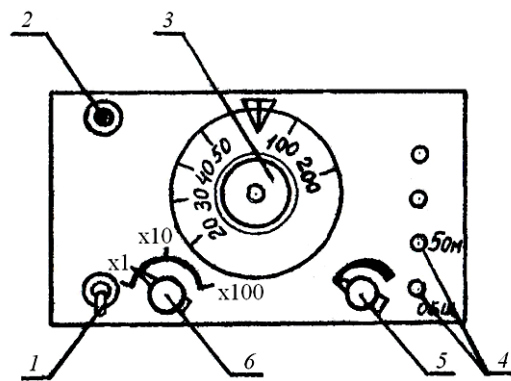


Рис. 2. Видгляд лицьової панелі звукового генератора ГЗШ-63: 1 – вимикач електромережі; 2 – сигнальна лампочка; 3 – шкала частот; 4 – клеми для під'єднання гучномовців; 5 – ручка «Підсилення»; 6 – перемикач діапазонів звуку



Досліджується увесь діапазон звукових коливань від 40 до 8000 Гц, вимірюються рівні звука на низьких, середніх і високих частотах. Результати вимірювань рівнів звука без звукоізоляції заносяться у табл. 2.

Після цього від'єднується шумомір від установки. Відкривається і повертається кришка з конфузором вправо. Відкривається замок і повертається рамка. Установлюється у віконний проріз звукоізолююча пластина розміром 200×200 мм (з алюмінію, скла, пресованої деревини та мінеральної вати) і притискається до неї рамка за допомогою замка. Повертається кришка з конфузором вліво і замикається на замок. Пластина з мінеральної вати виготовлялася наступним чином. Виготовлялися дві рамки з дерева, на які закріплювалися пластикові сітки з розміром вічка 3 мм. Відстань між рамками приймалася 10, 15, 20, 25, 30 мм. Простір між рамками заповнювався мінеральною ватою.

Приєднується шумомір до лабораторної установки. Вимірюються рівні звука за перешкодою з алюмінію на частотах звукового генератора від 40 до 8000 Гц. Так само вимірюються рівні звука за перешкодами з інших матеріалів. Результати вимірювань заносяться у табл. 1.

Обчислюються зниження рівнів звука за перешкодою при різних частотах звукових коливань і результати заносяться у табл. 2.

Таблиця 2

Результати вимірювань рівнів звуку без перешкод і з перешкодами та зниження його при застосуванні перешкод

Частота звука f , Гц	Рівні звука без перешкод, дБА	Рівні звука за перешкодою, дБА				Зниження рівня звука при застосуванні перешкод ΔL , дБА			
		алюміній	скло	пресована деревина	мінеральна вата	алюміній	скло	пресована деревина	мінеральна вата
40	47	46	40	43	41	1	7	4	6
200	72	69	62	66	64	3	10	6	8
400	81	80	74	78	73	1	7	3	8
1000	86	70	61	68	59	16	25	18	27
2000	83	50	67	69	62	33	16	14	21
4000	68	60	54	49	51	8	14	19	17
8000	70	45	43	40	41	25	27	30	29

Для порівняння звукоізолюючої здатності різних матеріалів на основі даних табл. 1 будуються залежності $\Delta L = F(\lg f)$ або $\Delta L = F(f)$.

Результати вимірювань свідчать про високі показники зниження рівня звуку пластинами з пресованої деревини і пластинами з мінеральної вати (рис. 3).

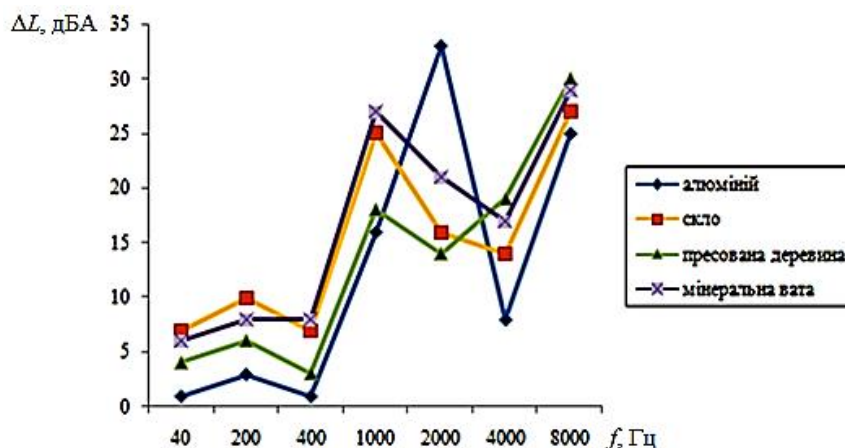
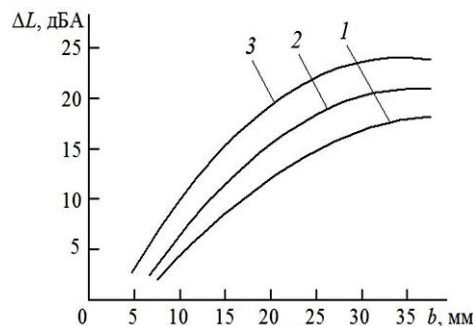


Рис. 3. Результати дослідження звукоізолюючих властивостей алюмінію, скла, пресованої деревини та мінеральної вати

На рис. 4 наведено графіки збільшення рівня зниження шуму різної частоти шляхом поглинання його пластинами з мінеральної вати товщиною від 5 до 35 мм. З графіків видно, що ефективніше знижується шум низької частоти, а за допомогою пластин з мінеральної вати товщиною 25-35 мм є можливість знизити шум від джерела його утворення понад 20 дБА. На підставі виконаних досліджень запропоновано засіб захисту працюючих в гірничих виробках від шуму, який утворюється осьовою вентиляторною установкою при проведенні гірничих виробок за допомогою абсорбційного глушника (рис. 5). В якості звукопоглинаючого матеріалу в глушнику застосовується мінеральна вата, що дозволяє знизити рівень шуму на 15-25 дБА.

Рис. 4. Графіки збільшення рівня зниження шуму різної частоти за допомогою пластин з мінеральної вати з товщиною $b = 5-35$ мм: 1 – $f = 500$ Гц; 2 – $f = 1000$ Гц; 3 – $f = 2000$ Гц



Запропонований абсорбційний глушник є частиною вентиляційного трубопроводу і являє собою два коаксіально розташовані циліндри. Зовнішній циліндр виконаний у вигляді металевого кожуха 1, а внутрішній циліндр 2 виконаний з пластикової сітки 3, укладеної на ребра жорсткості 4, які закріплені жорстко вздовж внутрішнього циліндра 2. Поверхня пластикової сітки внутрішнього циліндра обгорнута шаром склотканини. Кільцевий простір між циліндрами заповнений звукопоглинальним матеріалом типу мінеральної вати 5. Крім того, в середині внутрішнього циліндра 2 до ребер жорсткості 4 закріплені вертикально рамки 6, бокові поверхні яких виконані з пластикових сіток, обгорнутих шаром склотканини. Простір між сітками заповнений мінеральною ватою. Зовнішній циліндр має бокові фланці 7 з провужинами 8 для з'єднання з вентилятором і вентиляційним трубопроводом.

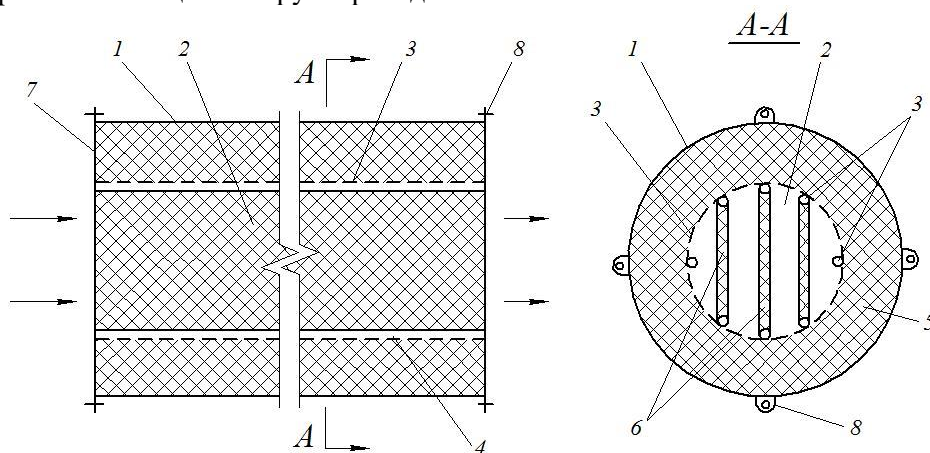


Рис. 5. Глушник шуму осьового вентилятора: 1 – кожух зовнішнього циліндра; 2 – внутрішній циліндр; 3 – пластикова сітка; 4 – ребра жорсткості; 5 – звукопоглинальний шар; 6 – вертикальні рамки; 7 – фланці; 8 – провужини

Абсорбційний глушник працює наступним чином. Звукові хвилі від вентилятора надходять у внутрішній циліндр 2 глушника, проникають крізь пластикову сітку 3 укладену на ребра жорсткості 4 і опиняються в звукопоглинальному шарі 5, який упакований з мінеральної вати із щільністю $\rho = 25$ кг/м³, товщина цього звукопоглинального шару становить 50 мм. В середині внутрішнього циліндра розташовані вертикальні рамки 6, з мінеральної вати, бокові стінки яких виконані з пластикових сіток з розміром вічка 3-5 мм і обгорнуті скловолоконною тканиною. Товщина поздовжніх рамок становить 20-30 мм, щільність упаковки прийнято в межах $\rho = 15-20$ кг/м³.

Запропонований глушник можна розташовувати як після вентилятора, так і перед ним, оскільки він має фланці для приєднання з обох сторін. Використання абсорбційного глушника в гірництві дозволить знизити рівень шум утворюваного вентиляторними установками в гірничих виробках, а також в промислових приміщеннях збагачувальних комбінатів. Мінеральна вата, яка застосовується як звукопоглинальна речовина витримує великі звукові навантаження і поглинає увесь широкосмуговий виробничий шум.

Для зниження шуму, утворюваного стаціонарними вентиляторними установками (ГВУ), рекомендовано застосування глушників шуму типу ПГС, які встановлюються в каналі вентилятора. Загальне зниження рівня шуму при роботі ГВУ становить у межах 25-30 дБА [9,10].

На рис. 6 наведено канал осьової вентиляційної установки з глушником шуму типу ПГС. Глушник встановлено перед дифузorzом і складається з 6-8 паралельних вертикальних перегородок, розташованих вздовж каналу на відстанях 300-400 мм одна від другої. Перегородки викладені з пористих шлакоблоків, які поглинають шум, утворюваний вентиляторною установкою.

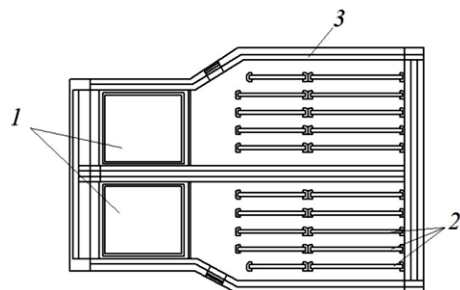


Рис. 6. Глушник шуму типу ПГС: 1 – канал вентилятора; 2 – звукопоглинальні перегородки; 3 – звукопоглинальне облицювання

При неможливості зниження рівня шуму в місцях його утворення рекомендовано споруджувати звукоізоляційні кабінки з оглядовими вікнами та пультами дистанційного управління. Стіни таких кабін виконують з широкосмугового звукопоглинаючого матеріалу, що дозволяє знизити рівень шуму в приміщенні камери нижче допустимих значень. В якості такого матеріалу слід використовувати листи з пресованої деревини зібрані в три шарові пакети таким чином, що із зовні укріплюються на відстані 50 мм один від другого дерев'яні листи, а проміжок між листами закладається мінеральною ватою зі щільністю $\rho = 15-20 \text{ кг/м}^3$. Оглядові вікна обладнуються зі скла товщиною 10 мм, а вхідні двері виготовляються з дощок товщиною 40 мм із зовні зашиті оцинкованою жерстю. В середині таких кабін встановлюється пульт управління обладнанням, засоби зв'язку і установка з кондиціонування повітря, а рівень шуму зведений до рівня допустимого за санітарними нормами.

Висновки і розвиток подальших досліджень.

1. Використання потужних машин, механізмів і приладів в гірництві супроводжується надходженням у виробниче середовище інтенсивного шуму, який перевищує допустимі за санітарними нормами величини.
2. Інтенсивний шум на виробництві призводить до виникнення професійного захворювання – приглухуватості або неврити слухового нерва.
3. Боротьба з шумом в гірництві ведеться шляхом поглинання звукових хвиль звукопоглинальними матеріалами або звукоізоляцією речовинами, які мають низьку звукопроникність.
4. Результати випробувань показали, що високі звукопоглинальні властивості мають пресована деревина і мінеральна вата, а низьку звукопроникність мають матеріали з заліза, скла, бетону, дерева.
5. Для захисту працюючих в гірництві розроблено нову конструкцію глушника шуму до вентиляторів місцевого провітрювання гірничих виробок, в якому в якості звукопоглинаючого матеріалу застосована мінеральна вата з щільністю упаковки $\rho = 15-20 \text{ кг/м}^3$.
6. Для захисту від шуму, утворюваного осьовими ГВУ, рекомендовано застосовувати в каналах вентилятора вертикальні перегородки зі шлакоблоку, який поглинає звук.
7. Для захисту працюючих в цехах з надмірним шумом запропонована звукоізоляційна кабіна, яка має стіни з трьохшарового матеріалу, причому зовнішні шари повинні бути з пресованої деревини, а внутрішній шар має бути з мінеральної вати упакованою з щільністю $\rho = 15-20 \text{ кг/м}^3$.
8. Подальші дослідження будуть проводитися з пошуку нових звукопоглинальних і звукоізолюючих матеріалів при проектуванні глушників шуму, звукоізолюючих кабін і кожухів для захисту працюючих в умовах інтенсивного шуму.

Список літератури

1. Абракітов В. Е. Конспект лекцій з дисципліни «Охорона праці в галузі» / В. Е. Абракітов, С. О. Обухов. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 177 с.
2. Абракітов В. Е. Багаторазове відбиття звуку в акустичних розрахунках. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 230 с.
3. Забаров В.И., Клячко Л. Н., Росин Г. С. Защита от шума и вибрации в черной металлургии. – М.: «Металлургия», 1976. – С. 85-94.
4. Исследования и испытания. Справочное пособие. Под ред. Б. М. Злобинского. – М.: «Металлургия». 1976. – С. 88-124.
5. Юдин Е. Я. Борьба с шумом. Справочник. – М.: «Машиностроение», 1985. – 400 с.
6. Жидецкий В. Ц. Основы охорони праці. – Львів: «Афіша», 2002. – С. 137-150.

7. **Орехова О. В.** Професійна захворюваність у працівників гірничо-металургійної галузі (ГМГ) України. Вісник проблем біології медицини. – 2015. – Т. 2 (125). – № 4 – С. 104-111.
8. **Орехова О. В.** Захворюваність працівників ГМГ за результатами періодичних медичних оглядів. Довкілля і здоров'я. – 2016. – № 2 (78). – С. 62-66.
9. **Хейфиц С. Я., Балтайтис В. Я.** Охрана труда и горноспасательное дело. – М.: «Недра», 1971. – С. 83-88.
10. **Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Лапшина Д. О.** Охорона праці в гірництві. – Кривий Ріг: Вид. КНУ, 2018. – С. 95-100.
11. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р.
12. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення» від 24.02.1994 р.
13. ДСТУ 2867-94 «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження».
14. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ Шум. Общие требования безопасности».
15. ДСН 3.3.6.037-99 Оцінка постійного широкопasmового шуму.
16. **Левченко О. Г., Полухаров О. І. Запарний В. В.** та ін. Охорона праці та цивільний захист. – К.: «Основа», 2019. – С. 121 – 132.
17. **Бедрий Я. І.** Безпека життєдіяльності. Навч. посібник. – К: Вид. «Магнолія», 2006. – С. 228- 231.
18. **Каспаров А. А.** Гигиена труда и промышленная санитария. – М.: «Медицина», 1977. – С. 129-161.
19. **Шеремет В. О., Каракаш О. І., Марунчак В. Ф.** Довідковий посібник керівника та спеціаліста з охорони праці. – Дніпро: «Ліра ЛТД», 2005. – С. 267-270.

УДК 622.7: 534

В. С. МОРКУН, Н. В. МОРКУН, доктори техн. наук, професори,
Криворізький національний університет,
С. М. ГРИЩЕНКО, канд. пед. наук, ст. дослідник, Державний податковий університет,
О. Ю. СЕРДЮК, асист., **А. А. ГАПОНЕНКО, Є. Ю. БОБРОВ**, аспіранти,
Криворізький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТНОЇ СЕПАРАЦІЇ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ

Метою дослідження є обґрунтування можливості прогнозування результатів магнітної сепарації залізної руди із застосуванням ультразвукових та магнітометричних вимірювань.

Методи дослідження. У роботі використані методи аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду, методи математичного та імітаційного фізичного моделювання, а також методи математичної статистики і теорії ймовірності для формування оцінки результатів дослідження.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні методу визначення феромагнітної складової у залізорудній пульпі на основі вимірювання змін параметрів розповсюдження витікаючих хвиль Лемба під дією імпульсного магнітного поля та використанні отриманих результатів для прогнозування вилучення заліза у промпродукт магнітної сепарації.

Практичне значення полягає в тому, що запропонований підхід дозволяє у безперервному режимі безконтактним способом отримувати інформацію стосовно основного показника якості ведення технологічного процесу магнітного збагачення залізної руди.

Результати. Продуктивність магнітного сепаратора та якість розділення продуктів збагачення залежать від багатьох факторів, головними з яких є його конструктивні внутрішні параметри та властивості вхідного продукту. Оскільки поки що не має технічної можливості оперативно отримувати повну інформацію стосовно всіх змінних процесу магнітної сепарації, а взаємозв'язок між ними є важкоформалізуємим, для моделювання цього процесу доцільно використовувати апарат нечіткої логіки та штучні нейронні мережі. Для практичної реалізації такого підходу у представленому дослідженні застосовується адаптивна нейро-нечітка система ANFIS. Запропонований метод ультразвукового вимірювання концентрації твердої фази пульпи, крупності її частинок, вмісту феромагнітного компоненту та швидкості потоку з застосуванням витікаючих хвиль Лемба та імпульсного магнітного поля. Результати ультразвукових вимірювань використані для формування адаптивної нейро-нечіткої моделі магнітної сепарації та прогнозування вмісту заліза у промпродукт магнітного сепаратора. Середня абсолютна помилка (MAE) прогнозування становила 0,64, середньоквадратична помилка (RMSE) - 0,45 при коефіцієнті детермінації (R^2) - 0,93. Оскільки результати проведених досліджень сформованої моделі добре узгоджуються з експериментальними даними, зроблено висновок, що запропонований підхід можна успішно використовувати для прогнозування якості та ефективності роботи магнітних сепараторів на залізорудних збагачувальних фабриках.

Ключові слова: магнітний сепаратор, моделювання, витікаючі хвилі Лемба, магнітне поле, прогнозування, якість.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-137-146

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Магнітні сепаратори широко використовуються для вилучення феромагнітного компонента з сировини, що переробляється, в багатьох галузях промислового виробництва [1,2]. Різноманітність застосовуваних при цьому конструктивних і технологічних рішень залежить головним чином від характеристик матеріалів, що розділяються. Робота типового магнітного сепаратора заснована на використанні багатьох взаємодіючих фізичних явищ, серед яких домінуючими є магнетизм, динаміка рідини, кінетика частинок та їх взаємодія [3,4]. Різноманітність цих явищ у процесі роботи магнітного сепаратора у поєднанні з труднощами вимірювання параметрів, що їх характеризують, визначають проблему оцінки ефективності поділу корисного компонента і супутньої породи в збагачуваній сировині. Одним із найважливіших показників, що характеризують технологічний процес магнітного збагачення залізняку є вміст феромагнітного компонента. Наявність інформації про цей параметр дозволяє ефективно управляти як окремими операціями (подрібнення, класифікація, сепарація, дешламація), так і всією технологічною лінією збагачення [5]. Вирішенню цієї проблеми присвячено велику кількість досліджень, але поки результати жодного з них не набули широкого практичного поширення.

Аналіз досліджень і публікацій. Мокрі магнітні сепаратори низької інтенсивності (LIMS) є одним з пристроїв магнітної сепарації, що найбільш широко використовуються [6]. В даний час дослідження щодо LIMS зосереджені на розробці нових конструктивних рішень та високо-ефективного обладнання, методів та засобів контролю параметрів, що визначають їхню роботу, а також на вдосконаленні математичного опису та моделей процесів, які в них протікають [7,8].

Останнім часом виконано велику кількість досліджень у галузі магнітної сепарації слабо-магнітних мінералів шляхом збільшення напруженості магнітного поля та/або його градієнта. У роботі [9] описано концептуальну конструкцію та особливості нових установок, а також наведено деякі приклади їх застосування в практиці поділу корисних копалин.

У роботі [10] розглядаються основні змінні, що впливають на процес магнітної сепарації, описуються їх важливість та вплив для всіх застосувань магнітних сепараторів з мокрим барабаном. Наводяться рекомендації щодо того, як регулювати та контролювати ці змінні для досягнення оптимальної продуктивності. Зазначається, що основою оптимізації роботи магнітного сепаратора є взаємозв'язок його конструктивних параметрів, що настраюються, і характеристик сировини, що збагачується.

У ряді робіт вказується на перспективність використання при визначенні характеристик основних змінних процесу збагачення залізняку ультразвукових, магнітометричних і ядернофізичних методів вимірювань [11,12]. Так, наприклад, ультразвук використовується для визначення профілів швидкості внутрішнього потоку пульпи в магнітному сепараторі [13]. Одночасно інтенсивність сигналу зворотного розсіювання використовується для отримання відомостей про локальну концентрацію твердих частинок у потоці та накопичення магнітного матеріалу. Пропонований підхід дозволяє оцінити вплив різних факторів, що впливають на продуктивність сепаратора: швидкість подачі пульпи, концентрація твердих частинок у пульпі, кут складання магніту та швидкість обертання барабана.

У роботі [14] експериментально визначено поведінку мікрочасток карбонільного заліза у водяній камері. Певні маси цих частинок притягувалися до бічної стінки камери за допомогою зовнішнього пульсуючого магнітного поля. Досліджено залежності вимірюваного бічного тиску від маси частинок, їх розмірів та часу впливу магнітного поля. Експериментальні результати вимірювання бічного тиску показали, що аналітична модель завищує оцінні дані, проте запропонований підхід може знайти різноманітні способи застосування у різних галузях науки і техніки.

В основі сучасного високоефективного виробництва лежить широке застосування якісного математичного та програмного забезпечення як на етапі проектування, розробки конструктивних рішень, так і при експлуатації та реалізації управління технологічним процесом [15]. Розв'язання задачі оптимізації технологічного процесу починається з його моделювання і результати безпосередньо залежать від якості застосовуваної моделі. В даний час для моделювання різних процесів, що характеризуються складними внутрішніми взаємозв'язками, аналітично невизначеними залежностями «вхід-вихід» з неповним та нечітким інформаційним забезпеченням знайшли поширення нейро-нечіткі системи [16]. Однією з найпоширеніших таких систем є ANFIS (adaptive neuro-fuzzy inference system). Це структура, що реалізує механізм логічного

висновку Такагі-Сугено-Канга. У роботі [17] відзначаються її переваги перед багатошаровим перцептроном, «чистими» нечіткими системами та рядом подібних.

Відомо про різноманітні способи використання таких систем. Наприклад, у роботі [18] розглядається метод оптимізації процесу відновлення сапролітових рудних композитів з використанням штучної нейронної мережі (ANN) та рентгенівської різницевої флуоресценції (XRF). Для операторів трубопроводів у нафтовій промисловості важливо постійно контролювати характеристики середовища, що перекачується, такі як її тип і кількість. Для досягнення цієї мети в дослідженні [19] пропонується використовувати двоенергетичний денситометр у поєднанні зі штучною нейронною мережею (ANN), що дозволяє одночасно визначати тип та кількість чотирьох різних продуктів нафтопереробки. У дослідженні [20] наводяться результати прогнозування вертикальної напруги у реальному профілі ґрунту, створюваного колесом, з використанням ANFIS. У роботі [21] описується автономний контролер польоту БПЛА (безпілотних літальних апаратів) на основі ANFIS. Для управління положенням БПЛА у тривимірному просторі за висотою та широтою-довготою розроблено три модулі нечіткої логіки. Вони регулюють кут тангажу, кут крену та положення дросельної заслінки двигуна БПЛА. ANFIS застосовується для побудови системи прогнозування рівня води у паводкові періоди [22]. Оскільки кількість вхідних змінних у цьому випадку досить велика (17-18), використаний метод субтрактивної нечіткої кластеризації, який автоматично визначає кількість кластерів. Результати показують, що ANFIS забезпечує високу точність та надійність прогнозування рівня води у водосховищі на найближчі три години. В роботі [23] вивчалися механічні властивості легкого конструкційного бетону, що містить керамзитобетон та різну кількість базальтових волокон (0-0,5 %). У цьому дослідженні ANFIS використовується для прогнозування емпіричних результатів як надійний метод аналізу та оцінки.

Нечітка логіка та штучні нейронні мережі широко застосовуються при вирішенні завдань моделювання, контролю та управління в галузі збагачення корисних копалин. В роботі [24] наводяться результати оптимізації режимних параметрів технологічних процесів збагачення залізняку на основі формування цільової функції із застосуванням багатошарових нейронних мереж. У роботі [25] ANFIS-модель використовується для реалізації автоматизованого керування замкнутим циклом подрібнення руди, а в дослідженні [26] - при формуванні оптимального керування температурним режимом випалювання котунів.

Таким чином, в даний час дослідження в галузі магнітної сепарації перероблюваної руди зосереджені на розробці нових конструктивних рішень та високоефективного обладнання, методів та засобів контролю параметрів, що визначають її ефективність. Важливим елементом цих досліджень є вдосконалення математичного опису та моделей магнітного сепаратора, що дозволяють прогнозувати результати його роботи.

Постановка завдання: дослідження методу визначення феромагнітної складової у залізорудній пульпі на основі вимірювання змін параметрів розповсюдження ультразвукових витікаючих хвиль Лемба під дією імпульсного магнітного поля та обґрунтування використання отриманих результатів для прогнозування вмісту заліза у промпродукті магнітної сепарації із застосуванням адаптивної нейро-нечіткої моделі.

Викладення матеріалу і результати. Ефективність роботи та якість розділення продуктів збагачення у магнітному сепараторі залежать від багатьох факторів, головними з яких є його конструктивні внутрішні параметри (рівень пульпи у робочій камері, зазор між барабаном та дном робочої камери, характеристики і розташування магнітної системи, рівень вивантажування магнітного продукту) та властивості вхідного продукту (вміст феромагнітного компоненту, щільність та швидкість потоку пульпи, крупність частинок подрібненої руди) [2,10]. Оскільки поки що не має технічної можливості оперативно отримати повну інформацію стосовно всіх змінних процесу магнітної сепарації, а взаємозв'язок між ними є важкоформалізуємым, для моделювання цього процесу доцільно використовувати апарат нечіткої логіки та штучні нейронні мережі.

Для практичної реалізації такого підходу зручно використовувати ANFIS – редактор програмного пакету Matlab 2017. На рис. 1 наведено базу правил моделі TS0914, що визначає залежність вмісту заліза у вихідному продукті магнітної сепарації першої стадії збагачення 9 секції Північного гірничо-збагачувального комбінату від характеристик вхідного продукту (злив класифікатора, що працює у замкненому циклі із кульовим млином) за даними випробувань

Хміль І.В. [27]. Прийнято такі позначення: in1 – концентрація твердої фази пульпи у вхідному продукті, in2 – вміст Fe у вхідному продукті, in3 - вміст класу -56 мкм у вхідному продукті, out1 – вміст Fe у вихідному продукті магнітної сепарації.

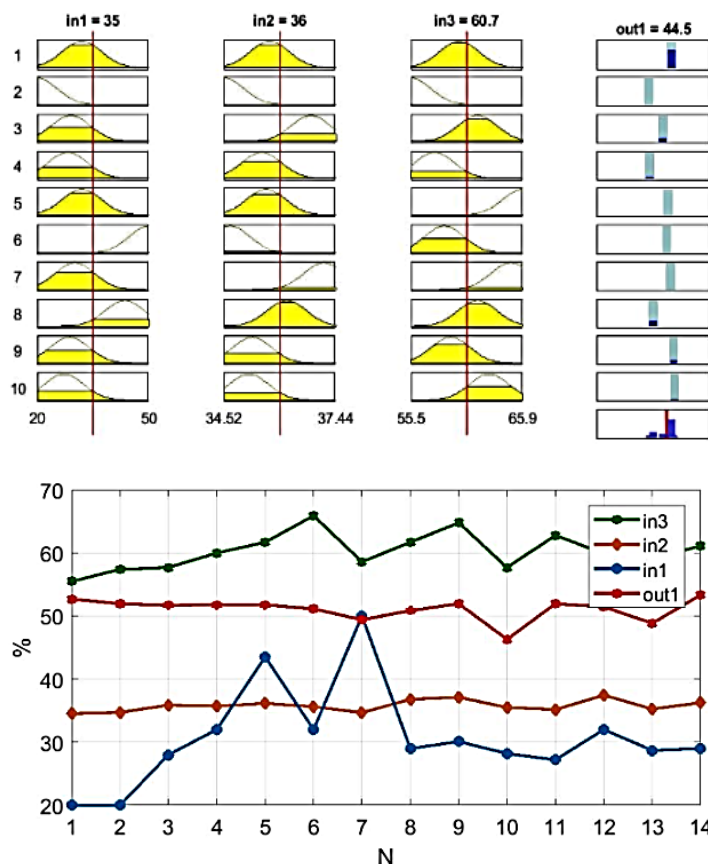


Рис.1. База правил ANFIS моделі TS0914

На рис.2 наведено масиви даних, які використані при формуванні моделі TS0914 (середні значення 14 циклів випробувань). В процесі випробувань навантаження на відповідну технологічну секцію змінювалось від 101 до 114 т/год, а вміст класу +20 у вхідному продукті млина, відповідно, від 6,1 до 7,8 %. Наведена інформація характеризує значний діапазон варіацій технологічних змінних під час випробувань.

Рис. 2. Масиви даних, які використані при формуванні залежності вмісту Fe у промпродукті магнітної сепарації від характеристик вхідного продукту

Результати застосування нейронечіткого підходу для моделювання технологічних операцій збагачення залізної руди (середня абсолютна похибка сформованої моделі становила 0,36%) дозволяють зробити висновок стосовно доцільності його використання при розробленні ме-

тоду прогнозування вмісту заліза у промпродукті магнітної сепарації на основі ультразвукових та магнітометричних вимірювань параметрів вхідного продукту.

Для отримання інформації щодо характеристик вхідного продукту магнітного сепаратора пропонується метод, заснований на використанні вимірювання змін параметрів розповсюдження витікаючих хвиль Лемба під дією імпульсного магнітного поля.

При розповсюдженні ультразвукових хвиль Лемба в металевій пластині, що контактує із залізорудною пульпою, частина їх енергії випромінюється (витікає) в оточуюче середовище і відповідним чином трансформується в об'ємні ультразвукові хвилі, які далі розповсюджуються у пульпі. За рахунок цих процесів змінюються характеристики як хвилі Лемба, що продовжують розповсюджуватися по металевій пластині, так і об'ємних ультразвукових хвиль в потоці пульпи.

В роботах [28-30] запропоновано використовувати напіваналітичний метод кінцевих елементів SAFE для моделювання цього процесу. Метод SAFE будує двовимірну модель кінцевих елементів (FE) для поперечного перерізу об'єкта аналізу, а потім до побудованої моделі FE застосовується аналітичне рішення розповсюдження хвилі. Рівняння побудованої системи FE без зовнішнього навантаження можна записати таким чином

$$:\{\gamma^2 \mathbf{K}_2 + i\gamma \mathbf{K}_1 + \mathbf{K}_0 + w^2 \mathbf{M}\} \mathbf{u} = 0, \quad (1)$$

де $\mathbf{K}_2$, $\mathbf{K}_1$ и $\mathbf{K}_0$ - матриці жорсткості; $\mathbf{M}$ - матриця мас поперечного перерізу..

Вектор зміщення $\mathbf{u}$ визначається наступним чином

$$\mathbf{u} = \mathbf{U}(\mathbf{y}, z) e^{i(\gamma x - wt)}, \quad (2)$$

де $\mathbf{U}$ означає функції переміщень поперечного перерізу.

З рівняння (2) хвильове число γ може бути визначено для кожної частоти ω , а дисперсійні криві можуть бути побудовані в діапазоні частот, що цікавить. Для реалізації методу SAFE зручно використати програмний пакет FEM [29,30].

Тривимірний профіль хвилі можна аналізувати у двох незалежних площинах: вертикальній та поперечній. На рис. 3 представлені діаграми спрямованості та профілі пучка витікаючої моди $A(0,0)$ хвилі Лемба: a – вертикальний профіль пучка і b – бічний профіль пучка [28].

Рис. 3. Діаграми спрямованості та профілі пучка витікаючої моди $A(0,0)$ хвилі Лемба: a – вертикальний профіль пучка, b – бічний профіль пучка

Особливості розповсюдження витікаючих хвиль Лемба використані при розробленні одноканального методу ультразвукового вимірювання концентрації твердої фази, вмісту контрольного класу крупності частинок твердої фази в залізорудній пульпі та швидкості її потоку [31].

Для визначення концентрації твердої фази пульпи обчислюється величина S_1

$$S_1 = \ln \frac{I_{lwL}}{I_{LL}} = W_n \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho} C_v l, \quad (3)$$

де W – концентрація твердої фази в пульпі; ρ_w , ρ_s , ρ – питома вага води, часток твердої фази пульпи і матеріалу вимірювальної пластини; C_v – параметр, який визначається конструкцією вимірювального каналу; I_{lwL} та I_{LL} інтенсивність хвиль Лемба при контакті вимірювальної пластини з чистою водою (на підготовчому етапі) і пульпою (у робочому стані) на ділянках вимірювань l .

Для визначення вмісту контрольного класу крупності частинок твердої фази в залізорудній пульпі для витікаючих високочастотних ультразвукових хвиль, що пройшли фіксовану відстань скрізь потік води (на підготовчому етапі) і рудної суспензії (у робочому стані), визначається величина S

$$S = S_2 / S_1; \quad (4)$$

$$S_2 = \ln I_{zw} / I_z = \frac{Wz}{\vartheta} \int_0^{r_m} \sigma(v_1, r) F(r) dr; \quad (5)$$

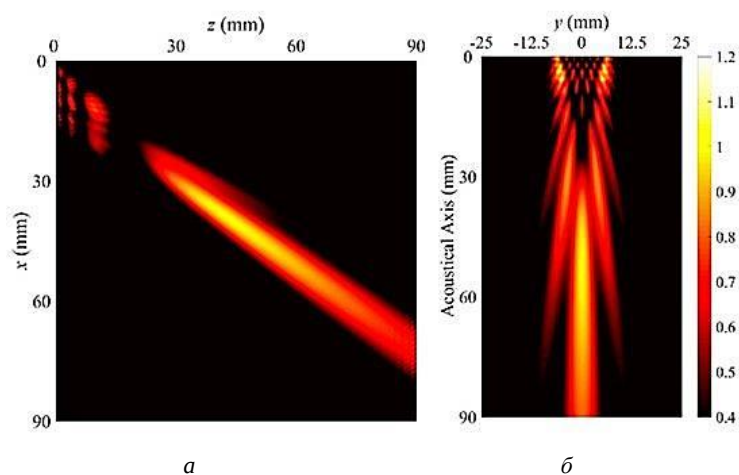
$$\vartheta = \int_0^{r_m} \frac{4\pi r^3}{3} F(r) dr, \quad (6)$$

де I_{zw} – інтенсивність високочастотних об'ємних витікаючих ультразвукових хвиль, що пройшли фіксовану відстань z скрізь потік води; I_z – інтенсивність високочастотних об'ємних витікаючих ультразвукових хвиль, що пройшли фіксовану відстань z скрізь потік залізорудної пульпи; $F(r)$ – функція розподілу часток твердої фази в рудній пульпі по крупності r ; r_m – максимальний розмір часток твердої фази в рудній пульпі; $\sigma(v_1, r)$ – переріз погашення високочастотних об'ємних ультразвукових хвиль частотою v_1 на частці розміром r .

Для вимірювання швидкості v_h потоку пульпи визначається різниця часу розповсюдження високочастотних об'ємних витікаючих ультразвукових хвиль у досліджуваному середовищі у спокійному стані та в процесі його переміщення. Будь яка швидкість потоку пульпи додається до швидкості розповсюдження витікаючих хвиль, що призводить до відповідної зміни їх траєкторії, а у часовому еквіваленті така зміна траєкторії призводить до відповідної зміни часу розповсюдження ультразвукового сигналу, що і фіксується вимірювальним пристроєм.

Зазначений підхід пропонується використовувати також для оцінки вмісту феромагнітного компоненту в пульпі. На рис. 4 наведено загальну схему вимірювання, яка реалізує цей метод.

Потік пульпи переносить частинки подрібненої руди у магнітне поле сепаратора, яке формується вузлом з постійними магнітами. Цей процес у робочому резервуарі магнітного сепаратора змодельовано у вимірювальному каналі 1, де формується потік пульпи, яка контактує з металевою пластиною 2. Вимірювальний пристрій 3 по сигналу з комп'ютера 4 формує за допомогою випромінюючого перетворювача 5 у металевій платині 2 хвилі Лемба. Частково вони випромінюються у потік пульпи і перетворюються у об'ємні ультразвукові хвилі. Приймальний перетворювач 6 виконує зворотне перетворення і отриманий таким чином сигнал пос-



тупас у вимірювальний пристрій 3. Після часової селекції та первинного оброблення інформація зчитується комп'ютером 4, де і визначаються основні характеристики досліджуваного середовища. У зазначений час по сигналу з комп'ютера 4 програмований формувач 7 генерує імпульс, який у обмотці із сердечником магнітного блока 8 утворює імпульсне магнітне поле, що впливає на пульпу у вимірювальному каналі 1. Таким чином визначаються характеристики потоку пульпи у період дії магнітного поля та без нього.

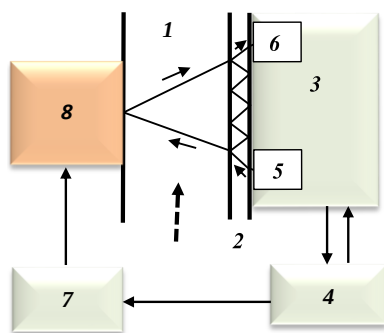


Рис. 4. Схема реалізації методу вимірювань: 1 - вимірювальний канал; 2 - металева пластина; 3 - вимірювальний пристрій; 4 - комп'ютер; 5 - випромінюючий перетворювач; 6 - приймальний перетворювач; 7 - програмований формувач; 8 - магнітний блок

Магнітна сила, що діє у вимірювальному каналі на частинку радіусу r_{mix} , може бути розрахована за формулою [32]

$$F_m = 2\pi r_{mix}^3 \mu_0 \mu_r K \nabla H^2, \quad (7)$$

де μ_r - відносна магнітна проникність води; μ_0 - відносна магнітна проникність вакууму; ρ_{mix} - щільність частинок подрібненої руди; H - напруженість магнітного поля; K - коефіцієнт Клаузіуса-Мосоті

$$K = \frac{\mu_{r_{mix}} - \mu_r}{\mu_{r_{mix}} - 2\mu_r}. \quad (8)$$

Напруженість або індукція магнітного поля у вимірювальному каналі залежить від характеристик електромагніту та періоду його робочого часу. Магнітний блок (рис. 3) являє собою електромагніт, що складається з котушки та металевого сердечника. Сердечник виконаний із пермендіюру з низькою коерцитивною силою. Котушка містить 550 витків мідного дроту діаметром 0,8 мм. Магнітний блок формує імпульсне магнітне поле зі шпаруватістю 8. Така характеристика імпульсної послідовності необхідна для того, щоб не допустити впливу залишкової намагніченості сердечника на результати вимірювань. Магнітне поле, створюване магнітним блоком, моделювалася за допомогою програмного пакета Femm [33]. На рис. 5 показані результати моделювання магнітного поля, створюваного електромагнітом, сердечник якого має різну конфігурацію. Вибрана форма (в, рис. 6) сердечника дозволяє сфокусувати лінії струму магнітної індукції [34].

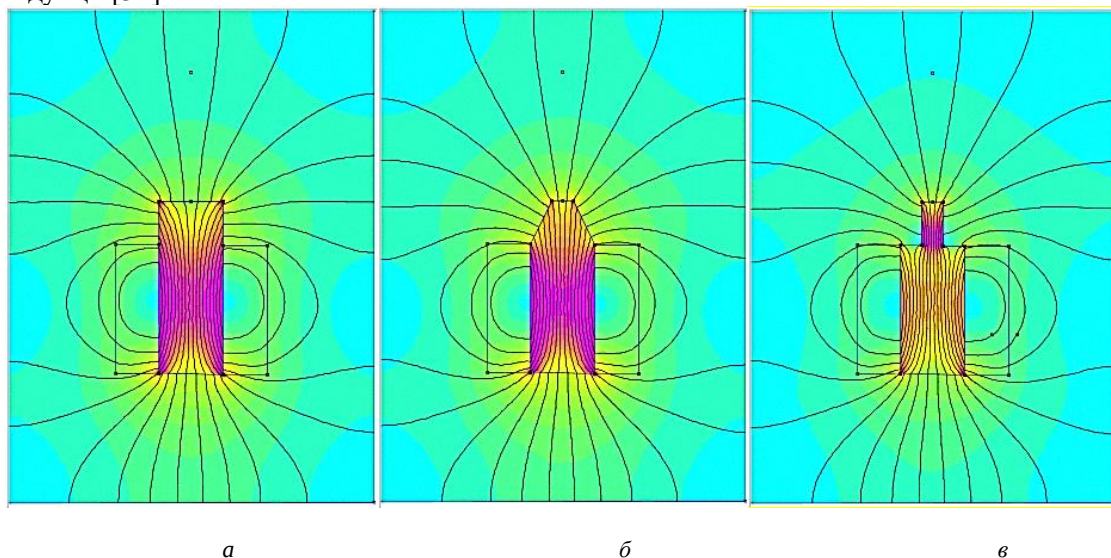


Рис. 5. Результати моделювання магнітного поля, створюваного магнітним блоком: а - циліндричний сердечник; б - конусоподібний сердечник; в - сердечник із «наконечником»

У процесі досліджень використаного методу вимірювань застосовувалася магнітна система з наступними характеристиками: струм у котушці -10 А; падіння напруги на котушці - 2.65898 В; поточозчеплення = 0.0234199 Вб; індуктивність котушки - 0.00234199 Ге; комплексний опір котушки - 0.265898 Ом; електрична потужність електромагніта - 26.5898 Вт.

На рис. 6 наведена залежність величини магнітної індукції В від відстані l до сердечника електромагніту у вимірювальному каналі.

Рис. 6. Залежність величини магнітної індукції B від відстані l до сердечника електромагніту

Поведінка частинок подрібненої руди розміром r_{mix} у вимірювальному каналі розглядається з урахуванням гідродинамічної сили опору F_D [32]

$$F_D = \frac{18\mu_w}{\rho_{mix}r_{mix}^2} m_{mix}(\vec{u} - \vec{v}_{mix}), \quad (9)$$

де μ_w – динамічна в'язкість води, а m_{mix} – маса частинок подрібненої руди.

Частинки подрібненої руди надходять у вимірювальний канал при дії сили опору, починають розділятися під дією магнітних сил і рухаються в напрямку знаходження магнітного пристрою впродовж часу дії магнітного поля.

Рівняння руху частинки у вертикальному напрямку можна записати таки чином

$$dv_v/dt = f_m - f_g - f_D, \quad (10)$$

де f_m, f_g, f_D – питома магнітна сила, питома сили тяжіння, питома сила гідродинамічного опору.

Рішення диференціального рівняння дає формулу для розрахунку переміщення частинки у вертикальному напрямку [5]

$$y_t = \frac{a}{b} \left(t + \frac{e^{-tb}}{b} \right) - \frac{a}{b^2}, \quad (11)$$

де t – поточний час; y_t – поточна координата частинки; $a = f_m - f_g$; $b = 18\mu/(\rho_{mix} \cdot r_{mix}^2)$.

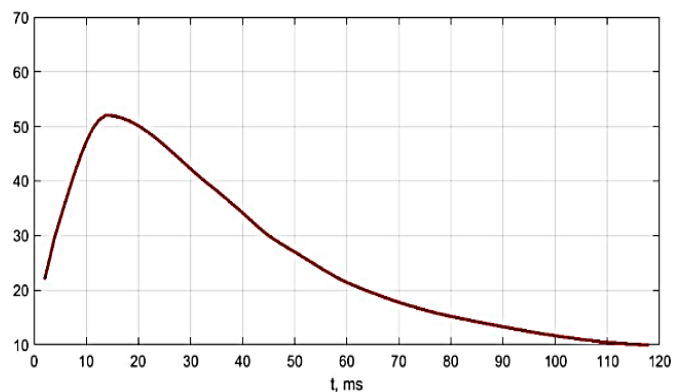
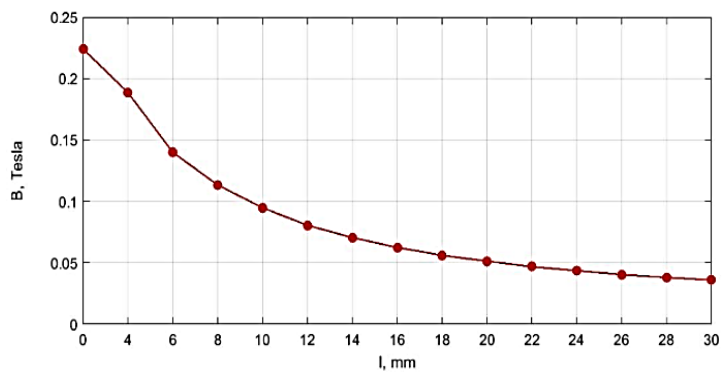
Розроблено алгоритм та комп'ютерну програму моделювання руху частинок подрібненої руди при дії на них наведених вище сил і, відповідно, змін характеристик пульпи, що визначаються за допомогою вимірювання параметрів витікаючих хвиль Лемба: S, S_1, S_2 та v_v .

На рис.7, як приклад, наведено результати моделювання зміни під впливом магнітного поля сигналу S_2 (5) для випадку, коли у вимірювальний канал надходить магнетитова пульпа, що містить мінеральні зростки з вмістом Fe – 52,6%, питомою магнітною сприйнятливістю – $5,84 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$, і щільністю – $4000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Рис. 7. Зміна сигналу S_2 (від. од.) під впливом імпульсного магнітного поля

Інформація, одержувана на підставі результатів ультразвукових вимірювань, щодо зміни під дією імпульсного магнітного поля щільності пульпи (концентрації твердої фази), крупності частинок подрібненої руди (вмісту контрольного класу крупності) та швидкості потоку дозволяє спрогнозувати процес поділу рудного матеріалу в магнітному сепараторі та оцінити його ефективність.

Отримані результати використані при прогнозуванні результатів магнітної сепарації (вміст Fe у вихідному промпродукті – сигнал out1) магнетитових кварцитів за допомогою програмного пакету ANFIS. Сформована FIS структура із п'ятьма входами: 1 - сигнал S_1 (in1); 2 - зміна сигналу ΔS_1 при дії магнітного поля (in2); 3 - сигнал S (in3); 4 - зміна сигналу ΔS при дії магнітного поля (in4); 5 - виміряне значення швидкості потоку пульпи v_v (in5). При формуванні бази правил моделі найкращі результати показали *гаусівські* функції належності. У процесі навчання моделі були протестовані як гібридний метод, так і метод зворотного поширення помилки. За результатами проведеного аналізу було обрано гібридний метод. Для навчання фінального варіанта моделі виявилось достатньо 10 епох. Сформована ANFIS модель має такі характеристики:



ки: кількість вузлів – 176; кількість лінійних параметрів – 84; кількість нелінійних параметрів – 140; загальна кількість параметрів – 224; кількість нечітких правил – 14.

На рис. 8 наведено структуру моделі, а на рис. 9 – сформовану поверхню залежності по одному із каналів (залежність вмісту Fe у вихідному промпродукті (out1) від сигналу S (in3) та виміряного значення швидкості потоку пульпи v_h (in5)).

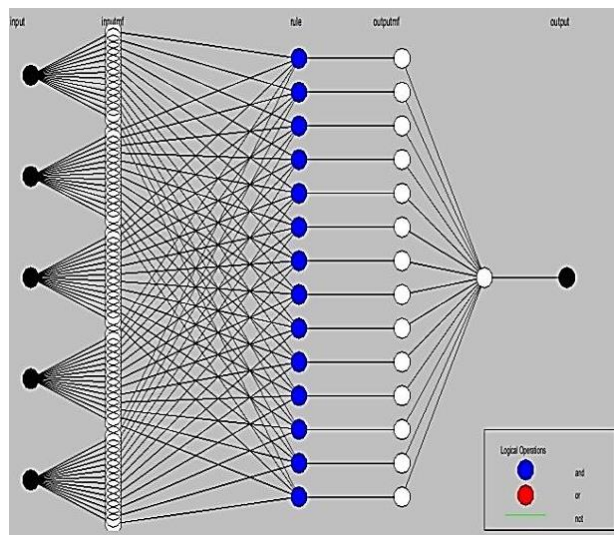


Рис. 8. Структура ANFIS моделі

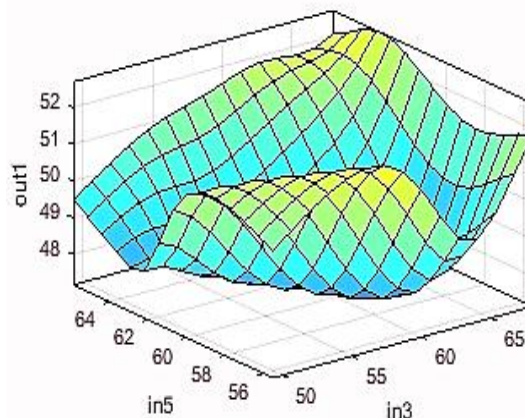


Рис. 9. Сформована поверхня залежності вмісту Fe у вихідному промпродукті магнітного сепаратора (out1) від вимірених значень S (in3) та швидкості потоку пульпи v_h (in5)

Середня абсолютна помилка (MAE) прогнозування становила 0,64, середньоквадратична помилка (RMSE) – 0,45 при коефіцієнті детермінації (R^2) – 0,93.

Отримані результати показують, що запропонований метод прогнозування якості продуктів процесу магнітної сепарації залізняка на основі моделювання оцінки впливу прикладеного імпульсного магнітного поля на результати ультразвукових вимірювань характеристик потоку пульпи може бути ефективно використаний для оптимізації технологічних збагачення.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Запропонований метод ультразвукового вимірювання концентрації твердої фази пульпи, крупності її частинок, вмісту феромагнітного компонента та швидкості потоку з застосуванням витікаючих хвиль Лемба та імпульсного магнітного поля. Результати ультразвукових вимірювань використані для формування адаптивної нейро-нечіткої моделі магнітної сепарації у програмному пакеті ANFIS. Оскільки результати проведених досліджень сформованої моделі добре узгоджуються з експериментальними даними, зроблено висновок, що пропонується підхід можна успішно використовувати для прогнозування якості та ефективності роботи магнітних сепараторів на залізничних збагачувальних фабриках.

Напрямок подальших досліджень слід вважати удосконалення бази даних, які використовуються для навчання ANFIS моделі та використання більш ефективних методів її оптимізації.

Список літератури

1. Feiwan Wang, Shitao Zhang, Zhiqiang Zhao, Likun Gao, Xiong Tong, Huixin Dai. Investigation of the magnetic separation performance of a low-intensity magnetic separator embedded with auxiliary permanent magnets. - Minerals Engineering, Volume 178, 15 March 2022, 107399. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107399>.
2. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Основи техніки та технології збагачення корисних копалин. - К.: Ліра-К 2020. - 634 с.
3. Z. Yuan et al. Effect of selective coating of magnetite on improving magnetic separation of ilmenite from titan augite. - Miner. Eng. (2020).
4. J.F. Stener et al. Internal flow measurements in pilot scale wet low-intensity magnetic separation. - Int. J. Miner. Process. (2016).
5. Пелевін А.Е. Магнітні та електричні методи збагачення. Магнітні методи збагачення. – УГГУ, 2018. – 296 с.
6. P. Straka et al. Linear structures of Nd-Fe-B magnets: Simulation, design and implementation in mineral processing – A review Miner. Eng. (2019).
7. J.G. Rayner et al. A mathematical model of concentrate solids content for the wet drum magnetic separator. - Int. J. Miner. Process. (2003).

8. **F. Wang et al.** Design optimization and manufacturing of an innovative precise low-intensity magnetic separator based on a multiphysics model. - *Miner. Eng.*(2021).
9. **H.-D. Wasmuth, K.-H. Unkelbach.** Recent developments in magnetic separation of feebly magnetic minerals. - *Minerals Engineering*, Volume 4, Issues 7–11, 1991, Pages 825-837. [https://doi.org/10.1016/0892-6875\(91\)90068-7](https://doi.org/10.1016/0892-6875(91)90068-7).
10. **M. Dworzanowski.** Optimizing the performance of wet drum magnetic separators. - *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 2010, VOLUME 110, 643-653 p.p.
11. **Азарян А.А., Азарян В.А., Моркун В.С.** Оперативний контроль якості руд чорних металів з використанням гамма-випромінювання // *Гірничий вісник*. – Кривий Ріг, 2022. Вип. 110. С. 13-22.
12. **Моркун В. С., Моркун Н. В., Тронь В. В., Сердюк О. Ю., Гапоненко А. А., Гапоненко І. А.** Формування інформаційної бази для управління процесом осадження часток твердої фази рудної пульпи у дешламаторі // *Вісник Криворізького національного університету*. – Кривий Ріг, 2021. Вип. 53. С. 53-57.
13. **F. Stener Johan, E. Carlson Bertil, I. Pålsson Anders Sand.** Direct measurement of internal material flow in a bench scale wet low-intensity magnetic separator. - *Minerals Engineering*, Volume 91, 15 May 2016, Pages 55-65. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.10.021>.
14. **Werner O, Azulay A, Mikhailovich B, Levy A.** Experimental Study of Sidewall Pressure Induced by Ferroparticles in Fluid under a Pulsating Magnetic Field. *Fluids*. 2020; 5(2):98. <https://doi.org/10.3390/fluids5020098>.
15. **Seyed Ahmad Hashemi, Bahram Rezai, Mohammad Reza Tavakoli Mohammadi, Sepiden Javanshir.** Characterization and concentration studies of Jalal Abad iron mine. - *Arch. Min. Sci.*, Vol. 58 (2013), No 3, p. 729–745. DOI 10.2478/amsc-2013-0051.
16. Viharos, Zs. J.; Kis K. B.: Survey on Neuro-Fuzzy Systems and their Applications in Technical Diagnostics and Measurement, *Measurement*, Vol. 67., 2015., pp. 126-136., (doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.02.001>),
17. Viharos, Zs. J.; Kis K. B.: Survey on Neuro-Fuzzy Systems and their Applications in Technical Diagnostics and Measurement, *Measurement*, Vol. 67., 2015., pp. 126-136., (doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.02.001>),
18. **Angella Natalia Ghea Puspitaa, Isti Surjandaria, Zulkarnaina, Adji Kawigrahah, Nur Vita Permatasari.** Optimization of Saprolite Ore Composites Reduction Process Using Artificial Neural Network (ANN). The Fifth Information Systems International Conference 2019, *Procedia Computer Science*, 161 (2019), 424–432.
19. **Mohammadmehdi Roshani, Giang Phan, Rezhna Hassan Faraj, Nhut-Huan Phan, Gholam Hossein Roshani, Behrooz Nazemi, Enrico Corniani, Ehsan Nazemi.** Proposing a gamma radiation based intelligent system for simultaneous analyzing and detecting type and amount of petroleum by-products. - *Nuclear Engineering and Technology* 53 (2021) 1277-1283.
20. **Hamid Taghavifar, Aref Mardani.** Prognostication of vertical stress transmission in soil profile by adaptive neuro-fuzzy inference system based modeling approach. - *Measurement*, Volume 50, April 2014, Pages 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.12.035>.
21. **Sefer Kurnaz, Omer Cetin, Okyay Kaynak.** Adaptive neuro-fuzzy inference system based autonomous flight control of unmanned air vehicles. *Expert Systems with Applications*. - Volume 37, Issue 2, March 2010, Pages 1229-1234. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.06.009>.
22. **Fi-John Chang, Ya-Ting Chang.** Adaptive neuro-fuzzy inference system for prediction of water level in reservoir *Advances in Water Resources*, Volume 29, Issue 1, January 2006, Pages 1-10.
23. **Ashkan Saradar, Parisa Nemati, Ali Shadman iPaskiabi, Mohammad Mohtasham Moein, Hossein Moez, Elaheh Hassanzadeh Vishki.** Prediction of mechanical properties of lightweight basalt fiber reinforced concrete containing silica fume and fly ash: Experimental and numerical assessment. – *Journal of Building Engineering*, Volume 32, November 2020, 101732. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101732>.
24. **Kupin, A.** Research of properties of conditionality of task to optimization of processes of concentrating technology is on the basis of application of neural networks. - *Metallurgical and Mining Industry*, 2014, 6(4), pp. 51–55.
25. **В. С. Моркун, Н. В. Моркун, М. С. Подгородецкий, А. В. Пікільняк.** Ініціалізація гібридної нечіткої моделі замкнутого циклу подрібнення руди / *Вісник КТУ*. - Кривий Ріг: КТУ. - Вип. 26, 2010. - С. 290-293.
26. **С. А. Рубан, В. І. Лобов.** Комп'ютерне моделювання алгоритму оптимального керування температурним режимом випалювання котуни з використанням прогнозуючих ANFIS-моделей. – *Вісник КТУ: зб. наук. праць* ..., 2008.
27. **Хміль І. В.** Особливості технології подрібнення магнетитових кварцитів в умовах об'ємного нерівномірно-компонентного стиснення: дис. ... канд. техн. наук. - Кривий Ріг, 2016. - 158 с.
28. Park, S.-J.; Kim, H.-W.; Joo, Y.-S. Leaky Lamb Wave Radiation from a Waveguide Plate with Finite Width. *Appl. Sci.* 2020, 10, 8104. <https://doi.org/10.3390/app10228104>.
29. **Hakoda, C.; Rose, J.; Shokouhi, P.; Lissenden, C.** Using Floquet periodicity to easily calculate dispersion curves and wave structures of homogeneous waveguides. In 44th Annual Review of Progress in Quantitative NDE; Chimenti, D.E., Bond, L.J., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2017; Volume 37, pp. 020016:1–020016:10.
30. **Groth, E.B.; Iturrioz, I.; Clarke, T.-G.R.** The dispersion curve applied in guided wave propagation in prismatic rods. *Lat. Am. J. Solids Struct.* 2018, 15, 1–27.
31. **Моркун Н. В., Тронь В. В., Сердюк О. Ю., Гапоненко А. А., Грищенко С. М., Бобров Є. Ю.** Визначення параметрів пульпи у робочій камері магнітного сепаратора на основі оцінки процесу розповсюдження хвиль Лемба // *Гірничий вісник*. – Кривий Ріг, 2022. Вип. 110. С. 172-177.
32. **Feiwang Wang, Hongming Zhao, Huixin Dai, Wuxing Du.** Fully coupled multi-physics modeling of the multi-type magnetic particles dynamic behavior in low intensity magnetic separator. - *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 55(1), 2019, 163-172. DOI: 10.5277/ppmp18117.
33. **Meeker D.** Finite Element Method Magnetics. Version 4.0. User's Manual, January 26, 2004 // <http://femm.berlios.de>, 2003.
34. **Werner, O.; Azulay, A.; Mikhailovich, B.; Levy, A.** Experimental Study of Sidewall Pressure Induced by Ferroparticles in Fluid under a Pulsating Magnetic Field. *Fluids* 2020, 5, 98. <https://doi.org/10.3390/fluids5020098>

ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНИХ РУД В ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Мета. Метою даної роботи є дослідження із визначення ефекту впливу реакційних порошків, які використовуються одночасно з колоїдною поверхнево-активною речовиною, на міцність порошкового бетону.

Методи дослідження. Виготовлення зразків бетону та визначення його міцності здійснювалося на основі стандартних методів.

Наукова новизна. Застосування у якості дрібного заповнювача реакційних порошкових бетонів суміші річкового і техногенного піску, який містить сполуки заліза, дозволяє підвищити міцність даних бетонів при стиску на 30-200%.

Практична значимість. Підвищення якості бетонів, призначених для будівництва довговічних та унікальних споруд.

Результати. В результаті експериментів встановлено, що міцність бетону на стиск, отриманого в результаті гідратації дисперсної системи «портландцемент – колоїдна поверхнево-активна речовина – реакційний порошок», коли використовується як реакційно-здатний порошок мелений річковий пісок зола виносу ТЕС, дрібна фракція відходів збагачення залізної руди і доменний гранульований шлак, вище міцності бетону, отриманого на портландцементі без добавок. Наявність в дисперсії колоїдної поверхнево-активної речовини забезпечує підвищену міцність на стиск отриманого бетону. Швидкість набору міцності при стиску бетону, отриманого в результаті твердіння дисперсної системи «портландцемент – колоїдна поверхнево-активна речовина – реакційний порошок» залежить від типу реакційного порошку. Отже, найбільшу швидкість формування міцності та її кінцеве значення має бетон, що містить суміш гранульованого шлаку та відходів збагачення залізної руди, як реакційного порошку. Дослідження та їх результати показали, що використання колоїдної поверхнево-активної речовини веде до підвищення ефективності використання отриманих мінеральних порошків, зокрема, з відходів збагачення залізних руд і доменного гранульованого шлаку, в реактивному порошковому бетоні. Найефективніший реактивний порошок, який доцільно використовувати одночасно з колоїдними поверхнево-активними речовинами є відходи збагачення залізних руд та доменний гранульований шлак. Це означає, що використання колоїдної поверхнево-активної речовини більш ефективно для модифікації бетонів на основі шлакопортландцементу ніж для бетону на портландцементі.

Ключові слова: Реакційний порошковий бетон, річковий пісок, з'єднання заліза, міцність, техногенний пісок

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-146-149

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Реакційні порошкові бетони, отримані в кінці 20-го століття, є бетонами нового покоління, що володіють цілим рядом специфічних властивостей, що дозволяють створювати унікальні будівлі і споруди з використанням передових технологій, наприклад, будівельний 3D-друк. Дані бетони виготовляються без застосування крупного заповнювача, в зв'язку з цим збільшується потреба в дрібному заповнювачі. Однак зі зростанням цін на пісок для будівництва існує потреба у вишукуванні економічних і раціональних прийомів використання місцевої сировини для виробництва бетонів, в тому числі і реакційних порошкових. Додатковим фактором, що схиляє до цих рішень є витрати на транспортування матеріалів і сировини до місця будівництва, які постійно збільшуються. Іншою проблемою, яка стримує широке поширення перспективної технології будівельного 3D-друку, є необхідність отримання реакційних порошкових бетонів високої міцності без застосування таких технологічних прийомів, як віброущільнення і пресування, а також без застосування спеціальних модифікаторів - хімічних речовин-прискорювачів твердіння цементу.

Аналіз досліджень та публікацій. В даний час найбільш широко поширеними матеріалами техногенного походження, які мають фракційний склад, що відповідає дрібному заповнювачу бетонів, є відходи гірничо-збагачувальних комбінатів (так звані «хвости» збагачення залізних руд). Ці відходи використовуються, як для додаткового вилучення корисних компонентів, так і в якості одного з компонентів складного в'язучого [1,2] або дрібного заповнювача [2-9]. Дослідження, проведені [3], стали основою для використання відходів збагачення залізних руд в якості дрібних заповнювачів бетону і подальших досліджень в цьому напрямку [4-10]. Основними результатами, отриманими в роботі [5], використаними і підтвердженими в інших роботах, є наступне:

у міру заміни частини річкового піску на відходи збагачення залізних руд, звільнених від фракції менше 0,14 мм, при використанні їх суміші відбувається підвищення міцності бетону;

повна заміна річкового піску на відходи збагачення залізних руд, звільнених від фракції менше 0,14 мм, в якості наповнювача бетону призводить до підвищення його міцності на 15%;

міцність бетону на відходах збагачення залізних руд, звільнених від фракції менше 0,14 мм, природного твердіння вище міцності такого ж бетону, підданого тепловій обробці;

введення в бетон в якості добавки тонкодисперсної частини (фракції менше 0,14 мм) відходів збагачення залізних руд в кількості 5-15% призводить до підвищення його міцності на 5-88%;

введення в бетон на портландцементі як добавки тонкодисперсної частини відходів збагачення залізних руд (фракції менше 0,14 мм) призводить до підвищення його міцності до 6%, а бетону на шлакопортландцементі до 88%;

для поліпшення технологічних властивостей бетонних сумішей на основі відходів збагачення залізних руд в них слід вводити мікронаповнювачів у вигляді тонкодисперсної частини відходів збагачення залізних руд (фракції менше 0,14 мм);

вміст оксидів заліза в відходах збагачення залізних руд в кількості 6-15% не впливає на легкоукладність бетонної суміші і міцність при стисненні бетону.

Крім того, слід зазначити, що дослідження [5] проведені для бетонів на крупному заповнювачі і не можуть бути поширені на дрібнозернисті бетони. У подальших дослідженнях бетонів з використанням відходів збагачення залізних руд, спираючись на результати досліджень [5], їх застосовували як дрібний заповнювач повністю замінюючи річковий пісок. Аналіз наведених вище результатів досліджень показав: немає особливого сенсу у фракціонуванні відходів збагачення залізних руд (тобто видалення з них фракції менше 0,14 мм) якщо здійснювати часткову заміну річкового піску на нефракціоновані відходи збагачення залізних руд; застосування відходів збагачення залізних руд як дрібного заповнювача або його частини найбільш ефективно в бетонах на основі шлакопортландцементу або портландцементів з високим вмістом доменного гранульованого шлаку; відсутні дослідження дрібнозернистих бетонів, на основі змішаного дрібного заповнювача, в якому одну його частину складають відходи збагачення залізних руд, а іншу - річковий пісок.

Постановка завдання. Метою досліджень є підвищення міцності при стиску реакційних порошкових бетонів за рахунок використання комплексного заповнювача, що складається з суміші річкового і техногенного піску. У дослідженнях для виготовлення бетону використовували портландцемент М400 (ПАТ «ХайдельбергЦемент Кривий Ріг»), дрібний заповнювач - відходи збагачення залізних руд Новокриворізького гірничо-збагачувального комплексу ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (Україна), що мають максимальний розмір часток 0,63 мм. і дніпровський річковий пісок. Компоненти бетонної суміші дозували в необхідних, відповідно до плану експерименту, кількостях, перемішували лабораторному змішувачі протягом 3 хв. Отримана суміш укладалася в металеву форму-куб, який має розмір сторін 7 см. Форму, що містить бетонну суміш жорстко закріплювали на лабораторному вібромайданчику і ущільнювали вібрацією до повного ущільнення, яке характеризувалося припиненням осідання бетонної суміші і припиненням виділення бульбашок повітря. Після завершення укладання і ущільнення бетонної суміші в формі, відкриту поверхню зразка загладжували кельмою. Перші 24 години зразки бетону тверділи в нормальних умовах, при цьому їх до розпалубки зберігали в формах, покритих вологою тканиною. Це виключало можливість випаровування з них вологи в приміщенні з температурою повітря (293 ± 5) К. Через 24 години після виготовлення, зразки бетону виймали з форм та поміщали в камеру, яка забезпечувала у їх поверхонь нормальні умови, тобто температуру (293 ± 3) К і відносну вологість повітря $(95 \pm 5)\%$. У камері зразки укладали на підкладки так, щоб відстань між ними, а також між зразками і стінками камери було не менше 5 мм. Площа контакту зразка з підставками, на які він встановлений, не перевищувала 30% площі опорної грані зразка. Основним показником якості досліджуваного бетону була прийнята його межа міцності при стиску. Визначення міцності зразків здійснювали за допомогою універсальної випробувальної машини УММ-100.

Викладення матеріалу та результати. Результати досліджень впливу вмісту відходів збагачення залізних руд в складі дрібного заповнювача реакційних порошкових бетонів показали, що існує їх оптимальний вміст в заповнювачі (рис. 1, 2).

При цьому, чим вищий вміст заповнювача в бетоні, тим більш виражений вплив вмісту в ньому відходів збагачення залізних руд.

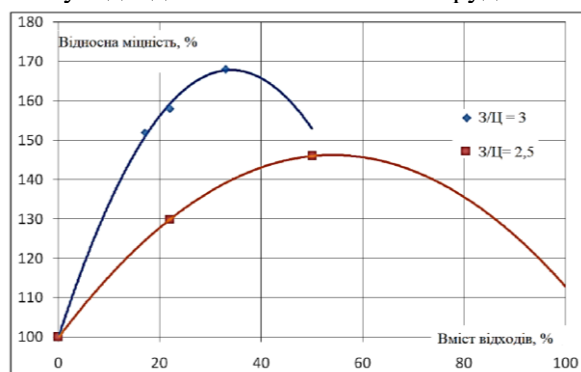


Рис. 1. Вплив вмісту відходів збагачення залізних руд в заповнювачі на міцність бетону (В/Ц = 0,5; З/Ц - відношення маси дрібного заповнювача до маси цементу)

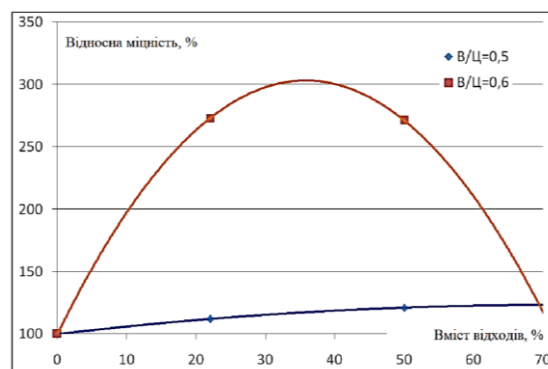


Рис. 2. Вплив вмісту класифікованих відходів збагачення залізних руд в заповнювачі на міцність бетону (фракція менше 0,14 мм видалена)

При застосуванні класифікованих відходів збагачення залізних руд (видалено фракцію менше 0,14 мм), зі зменшенням водоцементного відношення в бетоні вплив відходів зменшується (рис. 3).

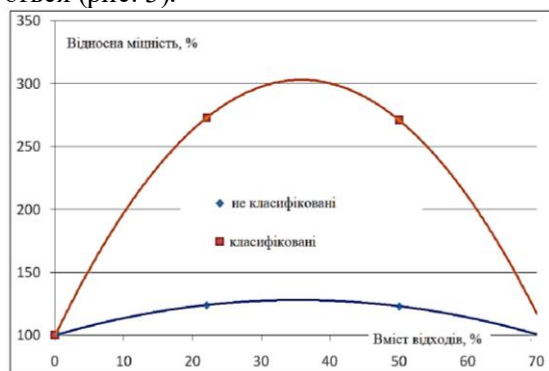


Рис. 3. Вплив класифікації відходів збагачення залізних руд (видаленням фракції менше 0,14 мм), застосованих як заповнювач бетону, на його міцність

Висновки та напрями подальших досліджень. Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

застосування у якості дрібного заповнювача реакційних порошкових бетонів суміші річкового і техногенного піску, що містить сполуки заліза, дозволяє підвищити міцність даних бетонів при стиску на 30-200%;

оптимальний вміст техногенного піску, що містить сполуки заліза, в заповнювачі залежить від вмісту заповнювача в бетоні. Зі збільшенням вмісту заповнювача в бетоні зменшується оптимальний вміст техногенного піску, що містить сполуки заліза, в заповнювачі.

Список літератури

1. Резниченко, П. Т. Охрана окружающей среды и использование отходов промышленности / П. Т. Резниченко, А. П. Чехов. – Днепропетровск: Промінь, 1973. – 94 с.
2. Шишкин А.А. Щелочные реакционные порошковые бетоны / А.А. Шишкин // «Строительство уникальных зданий и сооружений». – 2014 – 2(17). – С. 56-65.
3. Соломатов В.И. Пути активации наполнителей композиционных строительных материалов / В.И. Соломатов, Л.И.Дворкин, С.М. Чудновский // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. - 1987. - № 1. - С. 60-63.
4. Стороженко Л. И. Конструкции из бетонов на отходах горнорудной и металлургической промышленности / Л. И. Стороженко, Б. Н. Шевченко, В. М. Ильенко, и др. — Киев : Будівельник, 1982.— 72 с.
5. Пухальский Г. В. Свойства бетонов на песках из отходов горнообогатительных комбинатов / Г.В. Пухальский, Г.Н. Бондаренко // Бетон и железобетон. 1975. - № 5. – С. 26-28.
6. Герб П.И. Экспериментальные исследования прочности и деформативности железобетонных балок, усиленных наращиванием в растянутой зоне бетоном, из отходов обогащения железных руд / А.И. Валовой, П.И. Герб // Дороги і мости : зб. наук. пр. – Вип. 11. – Київ, 2009. – С. 44–49
7. Шишкин А.А. Особенности использования отходов горнообогатительных комбинатов в производстве строительных материалов / А. А. Шишкин, А. А. Шишкина, В. В. Щербя // Вісник ДНАБА. 2013. - 1(99). – С. 8-12.
8. Вандоловський А. Г. Міцнісні властивості особливо дрібнозернистого бетону на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів у ролі заповнювача / А.Г. Вандоловський, В.М. Чайка // Збірник наукових праць УкрДУ-ЗТ, 2016. – вып. 160. – С. 17-24.
9. Shishkin A. Reaction powder concrete in concrete filler / A. Shishkin, E. Khaled // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2017. – Vol. 1. – pp. 70-74.
10. Баженова С. И. Получение высококачественного бетона с использованием модификаторов структуры на основе отходов промышленности [Текст] / С. И. Баженова // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, март 2011 г.). — СПб.: Реноме, 2011. — С. 23-25.

УДК 658:382.3:005.52

С.І. ЧЕБЕРЯЧКО, д-р техн. наук, проф.,

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

О.В. ПИЩИКОВА, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

О.В. ДЕРЮГІН, канд. техн. наук, доц.,

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

О.В. СТАНІСЛАВУК, канд. техн. наук, доц.,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

А.А. АЛЕКСЕЄВ, аспірант, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

ВПРОВАДЖЕННЯ КЕРУВАННЯ РИЗИКАМИ СТРЕСУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ЗДОРОВ'Я І БЕЗПЕКОЮ ПРАЦІ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Мета. Розробка процесу впровадження керування ризиками стресу на робочому місці в умовах промислового підприємства, сумісного з іншими бізнес-процесами.

Методи дослідження. використано рекомендації стандарту ISO 45003:2021, відмінною особливістю, якого від інших моделей керування стресом на промисловому підприємстві є розгляд спеціальних запобіжних заходів на трьох різних рівнях.

Наукова новизна. Полягає в обґрунтуванні оціночних шкал для визначення ймовірності настання небезпечної події від впливу стресу на робочому місці, а також важкості наслідків від професійного захворювання чи травмування на робочому місці працівника під час виконання професійної діяльності.

Практична значимість. Проведена оцінка стресу машиніста компресорної установки при різному характеру роботи: стабільній роботі, при нещасному випадку, аварійному та військовому стані, що характеризуються рівнями нервового напруження; показано, що величина стресу при аварійному та військовому стані у двічі вища, а ніж при стабільній роботі, що пояснюється підвищенням контролю за виробничими показниками, які не зважаючи на ситуацію повинні забезпечити високу якість продукції, а отже і конкурентоспроможність.

Результати. Розроблені оціночні шкали для визначення ймовірності настання небезпечної події від впливу стресу на робочому місці, а також важкості наслідків від професійного захворювання чи травмування на робочому місці з урахуванням рекомендацій гігієнічної класифікації умов праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, зокрема тривалість зосередження уваги або щільність сигналів, ступінь ризику стресу для власного життя та життя інших осіб або ступінь відповідальності за життя інших осіб, змінність при роботі виключно в нічну зміну, що враховує зокрема індивідуальні характеристики особи працівника, яка виконує певні виробничі завдання.

Ключові слова: ризик, стрес, небезпечна подія, безпека виробничого середовища, управлінські рішення

doi: :10.31721/2306-5451-2022-1-55-149-156

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Останнім часом експерти з безпеки праці все частіше визнають, що психосоціальні небезпеки є головними викликами для здоров'я, безпеки та добробуту працівників на промисловому підприємстві. Вони пов'язані з організацією праці, соціальними факторами на роботі, аспектами виробничого середовища, з роботою технологічного обладнання та небезпечними завданнями, які виконують працівники під час виконання професійних функцій. Такі небезпеки можуть виникати як самостійно, такі в поєднанні одна з одною. Крім того, найбільші втрати робочого часу відбувається через стан зміни психічного здоров'я, а саме, внаслідок збільшення психофізичного навантаження та відсутності управлінської підтримки від керівництва промислового підприємства – ці два аспекти, які стосуються підприємств будь-якого розміру. Вирішити накопичені питання покладено на стандарт ISO 45003:2021 «Управління охороною здоров'я та безпекою праці. Психологічне здоров'я та безпека на виробництві. Настанови з керування психосоціальними ризиками» («Occupational health and safety management – Psychological health and safety at work – Guidelines for managing psychosocial risks»), який містить вказівки та рекомендації щодо керування психосоціальними ризиками, що є частиною системи управління охороною здоров'я і безпекою праці (далі - СУОЗіБП) згідно зі стандартом ISO 45001:2018 «Системи менеджменту охорони здоров'я та забезпечення безпеки праці. Вимоги і керівництво з їх застосування» («Occupational health and safety management systems. Requirement with guidance for use»).

Підтримка психічного здоров'я працівників на промислових підприємствах є надзвичайно важливою. Адже система управління психологічним здоров'ям та безпекою може не тільки

допомогти створити позитивне виробниче середовище, а й поліпшити організаційну стійкість промислового підприємства, підвищити її результативність, ефективність та продуктивність праці [1]. Особливу увагу серед всіх психосоціальних ризиків слід приділити ризику стресу, оскільки за результатами четвертого Європейського дослідження умов праці [2] показало, що 22% працівників з 25 держав-членів і двох країн-кандидатів ЄС відчувають стрес на робочому місці. Стрес визначається динамічною взаємодією між індивідом та його оточенням і часто випливає з існування проблемної відповідності людини та оточення та емоційних реакцій, які лежать в основі цих взаємодій. Центральним у цьому підході є роль факторів навколишнього середовища, зокрема психосоціальних та організаційних факторів, які відіграють у стресі визначальну роль на роботі. Тому виникає задача з розробки зрозумілого процесу керування в такий спосіб, який відповідає іншим професійним ризикам з охорони праці та опирається на систему СУОЗіБП, що інтегруються в ширші бізнес-процеси промислового підприємства.

Аналіз досліджень і публікацій. Загально визнано, що стрес, пов'язаний з роботою, є однією з головних сучасних проблем, з якими стикається охорона здоров'я та безпека праці на промисловому виробництві [3]. Відомо, що потреба в заходах із запобігання стресу є поширеною в усіх європейських країнах і в усіх типах промислових підприємств. Ризики стресу, які пов'язані з виробничою діяльністю, є одними з найскладніших питань в СУОЗіБП [4]. Вони суттєво впливають на здоров'я окремих працівників, промислові підприємства та в цілому на стан національної економіки [5].

Близько половини європейських працівників вважають стрес поширеним явищем на своєму робочому місці, і він є причиною приблизно половини всіх втрачених робочих днів. Ризик стресу виникає через неякісне планування, організацію та управління роботою, а також через невідповідний соціальний контекст роботи [6]. До найбільш поширених стресорів (небезпечних чинників) відносять [7-12]: надмірні навантаження; суперечливі вимоги та відсутність чіткості ролі; відсутність участі у прийнятті управлінських рішень, які впливають на працівника, і відсутність впливу на спосіб виконання роботи; невідповідність у керуванні організаційними змінами, незахищеність роботи; неефективне спілкування, відсутність підтримки з боку керівництва чи колег; психологічні та сексуальні домагання, насильство третьої сторони.

Європейське опитування громадської думки, яке проведене «European Agency for Safety and Health at Work» (EU-OSHA), показує, що близько половини працівників вважають проблему стресу, пов'язаного з роботою, поширеною на їхньому робочому місці [13]. Серед найбільш часто згадуваних причин стресу, які визначені в даному дослідженні, які пов'язані з виконанням професійної діяльності, є реорганізація виробничої діяльності або незахищеність працівника, тривала робота або надмірне навантаження, а також переслідування та насильство на роботі. Основним висновком EU-OSHA являється, що превентивний, цілісний і систематичний підхід до управління психосоціальними ризиками є найбільш результативним і ефективним [14]. В іншому дослідженні показано, що психосоціальні ризики сприймаються та керуються на європейських промислових підприємствах, через визначення основних чинників стресу, яких існує значна кількість, що утруднює порівняння різних виробництв зі схожим технологічним процесом [15]. Автори дослідження [16] показали, що ризики стресу являються в оцінюванні більш складнішими, і ними важче керувати, ніж «традиційними» професійними ризиками в системі СУОЗіБП. У роботі було показана необхідність у підвищенні обізнаності та простих практичних засобах, що полегшують боротьбу зі стресом, пов'язаним з роботою, насильством і переслідуваннями. З іншого боку автори стверджують, що за допомогою правильного підходу психосоціальні ризики і ризики стресу, які пов'язані з виконанням професійної діяльності, можна запобігти та успішно керувати, незалежно від розміру чи типу виробництва. В той же час значна кількість різноманітних небезпечних чинників не дозволяє правильно вибрати сферу в якій потрібно проводити покращення.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є розробка процесу керування ризиком стресу на промисловому підприємстві, який сумісний з іншими бізнес-процесами, що відрізняється від існуючих підходів можливістю визначення сфери впливу: індивідуальні характеристики працівника, міжособистісні комунікації, організаційна культура на промисловому підприємстві, фізичні параметри, що дозволяє швидко прийняти рішення з обґрунтування запобіжних заходів з їх мінімізації або усунення.

Викладення матеріалу і результати. Для розробки процедури керування ризиком стресу

скористаємось рекомендаціями стандарту ISO 45003:2021 [17] відмінною особливістю, якого від інших моделей управління стресом на промисловому виробництві є розгляд спеціальних запобіжних заходів на трьох різних рівнях: перший - впливає на зменшення ймовірності настання небезпечної події, другий - присвячений зменшенню тяжкості наслідків і третій - направлено на відновлення фізичного і психічного здоров'я працівника.

Проведення оцінки ризику стресу будемо здійснювати у п'ять основних етапів:

1. Визначаються всі небезпечні чинники (стресори), які збільшують ймовірність виникнення професійного захворювання (табл. 1).

2. Встановлення працівників, яким може бути заподіяна шкода.

Для цього нами запропоновано шкалу визначення вірогідності (малоймовірна, незначна, помірна, значна, катастрофічна) розвитку професійних захворювань чи травм і важкості та інтенсивності виробничого процесу (відсутня, малоймовірна, можливо, ймовірно, точно) під дією стресового навантаження:

3. Безпосередня оцінка ризику стресу (табл. 2,3).

4. Пропозиції щодо адекватних запобіжних заходів (табл. 4).

5. Контроль за достовірністю проведених управлінських рішень (розрахунків).

На першому етапі ідентифікацію небезпечних чинників будемо проводити за сімома напрямками (табл. 1): вимоги до працівників; стосунки між колегами; компетенції працівників; підтримка з боку керівництва; контроль за виробничими показниками; зміни у виробничому завданні; фізичні чинники.

На другому етапі визначаємо категорію працівників, які піддаються найбільшому впливу небезпечних чинників. Зокрема, встановлюємо важкість та інтенсивність виконуваної ними роботи та вірогідність настання небезпечної події виходячи з рівня поставлених перед ними вимог, рівня контролю, частоти змін умов праці, наявності підтримки керівництва промислового підприємства з урахуванням рекомендацій гігієнічної класифікації [18] умов праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Таблиця 1

Напрями для ідентифікації небезпечних чинників

Стресор	Що потрібно оцінити	Що слід врахувати
Вимоги до працівників	Складність виробничих завдань, їх характер, наявність підтримки, допомоги зворотного зв'язку	Складність і темп навантаження, зрозумілість обов'язків в межах роботи, кількість підлеглих, вимоги робочих задач, вплив навколишнього робочого середовища.
Контроль за виробничими показниками	Якість виконаної роботи або завдань за контрольними показниками	Кількість контрольних показників, які потребують уваги, наявність необхідної інформації та компетенцій, можливість отримати допомогу та вносити пропозиції, обґрунтовувати власні рішення
Стосунки між колегами	Рівень взаємодії між працівниками, переглянути відносини як по вертикалі, так і по горизонталі	Ставлення до працівників з боку керівництва, наявність утисків робітників між собою і підлеглими, залякування, емоційне вигорання, відсутність підтримки, рівень комунікації між працівниками, наявність соціальної підтримки
Компетенції працівника	Рівень підготовки працівника та його місце в компанії	Виробничі обов'язки, зрозумілість поставлених задач, чіткість посадових інструкцій, можливість отримання консультацій, наявність недооцінювання чи переоцінювання можливостей працівників
Підтримка з боку керівництва	Наявність підтримки працівників з боку керівництва	Можливість кар'єрного зростання, можливість навчання, рівень корпоративної культури, наявність поваги до працівників, характер комунікації
Зміни при виконанні виробничого завдання	Частота змін правил на виробництві	Частота та інтенсивність змін, появи нових ініціатив, наявність перехідного періоду для адаптації, вплив реструктуризації на робочі обов'язки, скорочення ресурсів, зміни робочих місць
Фізичні чинники	Шум, вібрація, запилення	Наявність фізичних чинників на робочому місці при виконанні виробничих операцій є додатковим подразником, який збільшує навантаження на психологічний стан робітника

Важливо також розглянути тривалість зосередження уваги або цільність сигналів, ступінь ризику стресу для власного життя та життя інших осіб або ступінь відповідальності за життя інших осіб, змінність при роботі виключно в нічну зміну, що враховує зокрема індивідуальні характеристики особи, яка виконує певні виробничі завдання.

На третьому етапі проводиться оцінка ризику стресу за кожним напрямом небезпечних чинників як добуток між рівнем важкості наслідків та ймовірності розвитку професійного захворювання за рекомендаціями табл. 2. Далі визначаємо загальний підсумок балів за кожним напрямом і порівнюємо із діапазоном від 1-50 балів є прийнятним рівнем (П) від 51-100 є прийнятним з перевіркою (ПП), а більше 100 балів є не прийнятним рівнем (НП). Далі проводиться обґрунтування належних управлінських рішень, відповідно захисних рівнів (табл. 3). Управлінські рішення першого рівня, які також зазвичай називають заходи на «організаційному рівні» або «профілактикою стресу», базуються на усуненні джерел стресу працівника. Зокрема до них відносять - переробити завдання, перепланувати робоче середовище, встановити гнучкий графік роботи, заохочувати управління за участю, включити співробітника в розвиток кар'єри, проаналізувати робочі ролі та встановити цілі, забезпечувати соціальну підтримку та зворотній зв'язок, створювати згуртовані команди, встановити справедливую політику зайнятості та поділитися нагородами.

Таблиця 2

Матриця для визначення величини ризику

Ймовірність захворювання	Важкість виробничого процесу				
	малоймовірна	незначна	помірна	значна	катастрофічна
Відсутня 1	1	2	3	4	5
Малоймовірна 2	П	П	П	П	ПП
Можлива 3	П	ПП	НП	НП	НП
Ймовірно 4	П	ПП	НП	НП	НП
Точно 5	ПП	НП	НП	НП	НП

Четвертий етап присвячено заходам, які спрямовані на виявлення та управління пережитим стресом, а також на підвищення здатності працівників краще управляти стресовим станом шляхом підвищення їх обізнаності, знань, навичок і ресурсів для подолання стресу.

Заходи спрямовані на зниження ризику стресу в частині зниження ступеня тяжкості «ризик» на робочому місці. В якості прикладів, до них включають: навчання стресу з метою допомогти працівникам розпізнати симптоми та зменшити стигматизацію, або навчання управлінню стресом. Заходи третього рівня описують як реактивні заходи, оскільки вони розглядаються як лікувальний підхід до управління стресом для тих осіб, які страждають від слабкого здоров'я внаслідок стресу. Цей підхід спрямований на мінімізацію наслідків проблем, пов'язаних зі стресом, після того, як вони виникли, через управління та лікування симптомів професійного захворювання чи хвороби.

Таблиця 3

Визначення та опис захисних дій для боротьби зі стресом

Рівень захисних заходів	Цілі заходів	Приклади запобіжних заходів
<i>Перший рівень:</i> профілактичні та проактивні (запобіжні) заходи заходи щодо зниження вірогідності настання небезпечної події	Стресори (їх джерело): вимоги до працівника, компетенції, стосунки між колегами, швидкість змін; рівень контролю за виробничими операціями	Зниження вірогідності настання небезпечної події: перепланування роботи, зменшення робочого навантаження, покращення спілкування, розвиток навичок управління конфліктами та інші
<i>Другий рівень:</i> заходи щодо зниження ступеня тяжкості настання небезпечної події	Реакція співробітників на стресори (уявний стрес або напруга), підтримка керівництва, колег	Зниження ступеня тяжкості настання небезпечної події: когнітивно-поведінкова терапія, курси подолання та управління гнівом, та інші
<i>Третій рівень:</i> реактивні заходи – заходи з відновлення фізичного та (або) психологічного стану працівника від наслідків небезпечної події	Короткочасний і тривалий несприятливий вплив роботи на здоров'я	Відновлення фізичного чи психологічного стану працівника: програми повернення до роботи, програми допомоги співробітникам, трудотерапія, медичне втручання у стрес.

Для врахування зміни аспектів виробничого процесу при різному характеру роботи, пропонується проводити оцінку ризиків стресу під час чотирьох станів: стабільній роботі, при нещасному випадку, аварійній ситуації та військовому стані. Кожен з перерахованих типів характеру робіт відрізняється один від одного рівнями нервового напруження і підсилюється відповідальністю за ті чи інші дії/бездіяльність. Зокрема, часто причини появи стресорів пов'язані зі способом планування, управління та організації виробничої діяльності. Відомо, що тривалий стрес

призводить до більш стійких, менш оборотних наслідків для здоров'я: таких як хронічна втома, виснаження, проблеми з опорно-руховим апаратом або серцево-судинні захворювання [19]. Однак все залежить від індивідуальних характеристик конкретного працівника, такі як особистість, цінності, цілі, вік, стать, рівень освіти та сімейна ситуація, які можуть впливати на здатність протистояти стресовій напрузі та швидкості відновлення організму.

Тому виникає необхідність врахувати зазначені характеристики при оцінці ризику стресу. Фрагмент оцінки ризику стресу машиніста компресорної установки при різному характеру роботи наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Фрагмент карти ризику стресу машиніста компресорної установки при аварійній ситуації

Ідентифікація небезпек				Оцінка професійного ризику			Керування професійним ризиком	Кінцевий аналіз професійного ризику			Професійний ризик
небезпека	небезпечна подія	негативні наслідки	небезпечний чинник	вірогідність настання небезпечної події	ступінь важкості	професійний ризик	дії для зниження ступені професійного ризику	вірогідність настання небезпечної події	ступінь важкості	кінцевий підсумковий професійний ризик	
психологічна	ментальна нестабільність	стрес, депресія	Вимоги до працівників	4	4	16	Розробити план щодо зменшення рівня навантаження на працівників, які виконують обов'язки у аварійній ситуації, збільшити кількість вихідних днів, відпустки	3	3	9	Прийнятний з перевіркою
			Контроль за виробничими показниками	4	5	20	Розробити процедуру з постійної звітності щодо поточного стану аварійного обладнання	3	4	12	
			Стосунки між колегами	4	5	20	Створити групу швидкого реагування на запит працівника, щодо невідомих станів обладнання	3	5	15	
			Компетенції працівника	4	4	16	Провести навчання працівників щодо дій у небезпечних ситуаціях	3	3	9	
			Підтримка з боку керівництва	4	4	16	Забезпечити збільшення фінансової підтримки і компенсації працівників за виконання робіт у важких умовах	3	4	12	
			Зміни при виконанні виробничого завдання	4	4	16	Підвищити гнучкість в емоційних ситуаціях, наприклад дозволити самостійно приймати рішення у критичних ситуаціях	3	4	12	
			Фізичні чинники	4	3	12	Технічні заходи контролю, адміністративні заходи, ЗІЗ	3	3	9	
			Всього балів:	116			Всього балів:	78			

До особливостей його роботи слід віднести керування технологічним обладнанням на основі моніторингу за основними параметрами компресору з можливістю мінімізації енергетичних витрат. Оператор також повинен забезпечити контроль за робочою зоною для перевірки й регулювання продуктивності, для розвантаження при пуску і зупинці, функціонування аварійного захисту для забезпечення безпеки роботи. До компетенцій оператора слід віднести розуміння графічної сигналізації на панелі компресора із забезпечення раціонального режиму функціонування та швидке реагування на аварійні ситуації. До вимог оператора компресорної установки відносять здатність до використання основних методів та засобів управління, зв'язку за результатами моніторингу технологічних параметрів компресора і виробничого завдання, а також здатність до оцінювання ризиків виникнення та впливу надзвичайних ситуацій та ризиків при функціонуванні компресорних установок. Необхідно відмітити, що оператор компресорної

уставки повинен знати кінематичні схеми обслуговуваних компресорів, способи запобігання та усунення неполадок у роботі компресорів і двигунів. Відмітимо, що фізичними стресорами в компресорних приміщеннях слід віднести шум, наявність електромагнітних полів, частинок масляного аерозолі та недостатній рівень освітлення.

В результаті проведеної первинної оцінки ризику стресу машиніста компресорної установки було встановлено, що величина ризику стресу для стабільної роботи за сімома основними напрямками стресорів є прийнятною з перевіркою, а при інших характеристиках робіт величина ризику стресу є непринятною. Під час визначення рівня ризику стресу оператора компресорної установки було враховано, що для вирішення деяких технологічних проблем (тиск нижче норми, висока температура елементів компресора, відмова запобіжного клапану, збої програмного забезпечення, потужність компресора нижче норми, точка роси під тиском занадто висока та інші) буде достатньо технічних навичок працівника.

В той же час можуть виникнути питання, вирішення яких не залежить від оператора, але вимагають від нього наявності м'яких навичок (комунікації, креативності, адаптивності та інше) для взаємодії з іншими членами колективу. Більше того на швидкість вирішення останніх – значно впливає організаційна культура на промисловому підприємстві (підтримка керівництва, взаємовідносини між колегами), що в кінцевому результаті буде відображатись на емоційному стані оператора і на величині стресового навантаження. Аналіз запропонованої карти ризику показав, що величина ризику стресу при аварійному та військовому стані у двічі вища, а ніж при стабільній роботі через контроль за виробничими показниками, які не зважаючи на ситуацію повинні забезпечити високу якість продукції, а отже і конкурентоспроможність. З іншого боку пі час військового стану чи аварійній ситуації в значній мірі зростає чинник підтримки колег, керівництва, що формує організаційну культуру і якщо йому в звичайному режимі роботи не надто приділяли уваги, то в даному випадку саме від нього залежить зниження рівня тривожності працівників. Тому, для управління рівнем ризику стресу, особливо при нестабільних станах робочого процесу, було запропоновано запобіжні заходи всіх трьох захисних рівнів, в тому числі й лікувально-профілактичні.

Висновки та напрямки подальших досліджень.

1. Запропоновано процедуру з управління ризику стресу на основі вимог Британського стандарту ISO 45003:2021, особливістю якого є три рівні запобіжних дій для зменшення важкості наслідків небезпечної події, в якій передбачено сім груп основних стресорів: вимоги до працівника їх компетенція, стосунки між колегами, підтримка керівництва, рівень контролю за виробничим процесом, фактор змін та фізичні чинники, які охоплюють всі найбільш поширені небезпечні психологічні чинники у виробничому процесі.

2. Розроблені оціночні шкали для визначення ймовірності настання небезпечної події від впливу ризику стресу на робочому місці, а також важкість наслідків від професійного захворювання чи травмування на робочому місці з урахуванням рекомендацій гігієнічної класифікації умов праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, зокрема тривалість зосередження уваги або щільність сигналів, ступінь ризику для власного життя та життя інших осіб або ступінь відповідальності за життя інших осіб, змінність при роботі виключно в нічну зміну, що враховує зокрема індивідуальні характеристики особи, яка виконує певні виробничі завдання.

3. Проведена оцінка ризику стресу машиніста компресорної установки при різному характеру роботи: стабільній роботі, при нещасному випадку, аварійному та військовому стані, що характеризуються рівнями нервового напруження; показано, що величина ризику стресу при аварійному та військовому стані у двічі вища, а ніж при стабільній роботі, що пояснюється підвищенням контролю за виробничими показниками, які не зважаючи на ситуацію повинні забезпечити високу якість продукції, а отже і конкурентоспроможність.

4. Запропоновано запобіжні заходи для зменшення рівня ризику стресу, виходячи з характеру робіт та індивідуальних характеристик працівника, зокрема для зниження вірогідності настання небезпечної події: перепланування роботи, зменшення робочого навантаження, покращення спілкування, розвиток навичок управління конфліктами; для зниження ступеня тяжкості настання небезпечної події: когнітивно-поведінкова терапія, курси подолання та управління гнівом; для відновлення фізичного чи психологічного стану працівника: програми повернення до роботи, програми допомоги співробітникам, трудотерапія, медичне втручання у стрес.

1. Leka, S., Jain, A., Iavicoli, S., Vartia, M., Ertel, M. (2011). The role of policy for the management of psychosocial risks at the workplace in the European Union. *Safety Science*, 49(4), 558-564. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2010.02.002>.
2. Офіційний сайт Європейської комісії. Платформа дослідницької та інноваційної спільноти. Європейські дні досліджень та інновацій, 28.09.2022. Режим доступу: <https://research-innovation-community.ec.europa.eu/events/5rBGp9lUht2lmxYEk45Qf/programme>.
3. Taris, T.W., van der Wal, I., Kompier, M.A.J. (2010). Large-scale job stress interventions: the Dutch experience. In: Houdmont, J., Leka, S. (Eds.), *Contemporary Occupational Health Psychology: Global Perspectives in Research and Practice*, vol. 1. Wiley-Blackwell, Chichester, pp. 77-97. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1002/9780470661550.ch5>.
4. Van Laethem, M., Beckers, D.G., Kompier, M.A., Dijksterhuis, A. and Guerts, S.A. (2013). Psychosocial work characteristics and sleep quality: a systematic review of longitudinal and intervention research. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 39(6), 535-549. <http://dx.doi.org/10.5271/sjweh.3376>.
5. Schuller, K., Schulz-Dadaczynski, A. and Beck, D. (2018). Methodische Vorgehensweisen bei der Ermittlung und Beurteilung psychischer Belastung in der betrieblichen Praxis [Methodological Approaches to Identify and Evaluate Psychosocial Risks in Business Practice], *Zeitschrift für Arbeits- und Organisations - psychologie A&O*, 62, 126-141. <https://doi.org/10.1026/0932-4089/a000269>. (In German)
6. Rau, R., Morling, K., Rösler, U. (2010). Is there a relationship between major depression and both objectively assessed and perceived demands and control? *Work & Stress*, 24(1), 88-106. <http://dx.doi.org/10.1080/02678371003661164>.
7. Cheberyachko, S.I., Cheberyachko, Yu.I., Deryugin, O.V., Tretyak, O.O., Bas, I.K. (2022). Estimation of influence of psychophysiological condition of the driver on safety of passenger automobile transportations. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 1(18), 5-14. <http://dx.doi.org/10.36910/automash.v1i18.755>.
8. Tsopa V., Cheberiyachko S., Yavorska O., Deryugin O., Bas I. (2022). Increasing the safety of the transport process by minimizing the professional risk of a dump truck driver. *Mining of mineral deposits*, 16(3), 101-108. <http://dx.doi.org/10.33271/mining16.03.101>.
9. Tsopa, V.A., Cheberiyachko, S.I., Yavorska, O.O., Deryugin, O.V., Aleksiev, A.A. (2022). Improvement of the safe work system. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 104-111. <http://dx.doi.org/10.33271/nvngu/2022-6/104>.
10. Neubert, J.C., Mainert, J., Kretschmar, A. and Greiff, S. (2015). The assessment of 21st century skills in industrial and organizational psychology: complex and collaborative problem solving. *Industrial and Organizational Psychology*, 8(2), 238-268. <http://dx.doi.org/10.1017/iop.2015.14>.
11. Langenhahn, M.K., Leka, S., Jain, A. (2013). Psychosocial risks: is risk management strategic enough in business and policy making? *Safety and Health at Work*, 4(2), 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2013.04.003>.
12. Janetzke, H., Ertel, M. (2017). Psychosocial risk management in more and less favorable workplace conditions. *International Journal of Workplace Health Management*, 10(4), 300-317. <http://dx.doi.org/10.1108/IJWHM-09-2016-0063>.
13. EU-OSHA - European Agency for Safety and Health at Work, European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks: Managing safety and health at work, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2010. Режим доступу: <https://osha.europa.eu/en/publications/european-survey-enterprises-new-and-emerging-risks-managing-safety-and-health-work>.
14. Hung, W. (2013). Team-based complex problem solving: a collective cognition perspective. *Educational Technology Research and Development*, 61(3), 365-384. <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-013-9296-3>.
15. Hasson, H., Villaume, K., von Thiele Schwarz, U., Palm, K. (2014). Managing implementation: roles of line managers, senior managers, and human resource professionals in an occupational health intervention. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 56(1), 58-65. <http://dx.doi.org/10.1097/JOM.0000000000000020>.
16. Голінько, В.І., Чеберячко, Ю.І., Дерюгін, О.В., Архирей, М.М. (2022). Удосконалення процедури оцінки професійного ризику на промисловому підприємстві. *Проблеми охорони праці в Україні*, 38(1-2), 3-14. <http://dx.doi.org/10.36804/ndipbop.38-1-2.2022.3-14>.
17. Стандарт ISO 45003: 2021. Управління охороною праці та безпекою. Психологічне здоров'я та безпека на роботі. Настанови щодо управління психосоціальними ризиками. Режим доступу: <https://www.iso.org/ru/standard/64283.html>.
18. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Тігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу". Наказ №248 від 08.04.2014 р. МОЗ України. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>.
19. BNQ, CSA Group and MHCC. (2013). Psychological health and safety in the workplace - Prevention, promotion, and guidance to staged implementation. (CAN/CSA-Z1003-13/BNQ 9700-803/2013). Ottawa, Ontario: Standards Council of Canada. Режим доступу: <https://www.csagroup.org/article/canrsa-z1003-13-bnq-9700-803-2013-r2018/>.
20. Rothe, I., Adolph, L., Beermann, B., Schütte, M., Windel, A., Grewer, A., Formazin, M. (2017). Mental health in the working world - determining the current state of scientific evidence. *Federal Institute for Occupational Safety and Health*, Dortmund, Berlin, Dresden. Режим доступу: www.baua.de/EN/Service/Publications/Report/Mental-Health-2.pdf.
21. Leka, S., Jain, A., Widerszal-Bazyl, M., Żolnierczyk-Zreda, D., Zwetsloot, G. (2011). Developing a standard for psychosocial risk management: PAS 1010. *Safety Science*, 49(7), 1047-1057. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2011.02.003>.
22. Vargas, O., Flintrop, J., Hassard, J., Irastorza, X., Milczarek, M., Miller, J., Parent-Thirion, A., Van Houten, G., Vartia-Väänänen, M. (2014). Psychosocial risks in Europe: prevalence and strategies for prevention (928971218X). *Eurofound and EU-OSHA*, Luxembourg. Режим доступу: http://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/31136/1/PubSub8692_Hassard.pdf.
23. Sivris, K.C., Leka, S. (2015). Examples of holistic good practices in promoting and protecting mental health in the workplace: current and future challenges. *Safety and Health at Work*, 6(4), 295-304. <http://dx.doi.org/10.1016/j.shaw.2015.07.002>.
24. Iavicoli, S., Natali, E., Deiting, P., Rondinone, B.M., Ertel, M., Jain, A., Leka, S. (2011). Occupational health and safety policy and psychosocial risks in Europe: the role of stakeholder's perceptions. *Health Policy*, 101, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2010.08.005>.
25. Beck, D., Lenhardt, U. (2019). Consideration of psychosocial factors in workplace risk assessments: findings from a company survey in Germany. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 92, 435-451. <https://doi.org/10.1007/s00420-019-01416-5>.
26. Рішук, Л.І., Микитюк, Н.Є. (2018). Організація системи управління ризиками на промислових підприємствах. *Глобальні та національні проблеми економіки*, 23, 296-299. Режим доступу: <http://global-national.in.ua/archive/23-2018/58.pdf>

MATHEMATICAL MODEL FOR CONTROLLING THE CLASSIFICATION PROCESS OF CRUSHED IRON RAW MATERIALS USING FUZZY LOGIC

Purpose. To model the technological process of classifying crushed iron ore raw materials at the primary grinding and classifying, and to control the classification process under unclear technological parameters.

Research methods. When modeling the classification of iron ore raw materials, methods of mathematical modeling and methods of automatic control theory, as well as the apparatus of fuzzy logic for controlling the classification process of iron ore raw materials under fluctuations in technological parameters are used.

Scientific novelty. A list of the main input and output parameters of the classification of iron raw materials, which significantly affect the separation of the crushed ore by size, was determined. The obtained parameters enable to improve the existing mathematical models of separation of the crushed ore by size at the primary grinding and classification.

Practical significance. The designed automatic control system of the primary classification of iron ore raw materials at the primary grinding and classification using fuzzy logic is to solve a number of complex problems, solutions of which are problematic using classical methods due to their high complexity and incomplete technological data. The methods of fuzzy logic formalize the dependencies regardless of their complexity, thus allow to use different parameters in controller's fuzzy logic.

Results. Analysis of the iron raw material processing at the primary grinding and classification. A list of the main technological parameters of high impact on the classification of the extracted iron raw materials and their limit values. The classifier automated control for the primary grinding and classification using the fuzzy logic controller requires the following input technological parameters: consumption of crushed ore in the classifier, density of the discharge pulp, and water consumption into the classifier. The automatic control system of the classifier using the fuzzy logic and the classifier using interactive tool for analysis of dynamic systems Simulink is developed, which is integrated with MATLAB application package.

Key words: classification, iron ore raw materials, mathematical model, automated control, fuzzy logic.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-156-163

The problem and its connection with scientific and practical tasks. One of the most urgent tasks in the fierce competition in the world markets for iron ore raw materials is to improve the quality of iron ore concentrate [1].

The quality of iron ore concentrate is largely influenced by the stochasticity of physical-mechanical and chemical-mineralogical properties of iron raw materials coming to the primary grinding and classification of the ore processing plants. The specified factors result in deviations of technological parameters from the set ones, accordingly, in losses of iron in the ore processing.

In response, to effectively manage the processing of iron ore raw materials, it is necessary to take into account the fuzzy and incomplete data of the technological process.

Analysis of the recent research. Solutions to control physical-mechanical and chemical-mineralogical properties of the processed ore are investigated in the problem-branch research lab "Operational control and quality management of mineral raw materials" of the Ministry of Industrial Policy of Ukraine chaired by Professor A. Azaryan [2-8]. The software and hardware complexes developed by the laboratory staff allow to control in real time the quality fluctuations of iron ore raw materials coming for processing and to provide information support about the technological process of grinding and classification for the personnel of the concentrating plant.

Because of the complexity of the ore processing process, recycles and incomplete technological data of the object, it is advisable to use fuzzy logic methods for effective management of the classification process. The following issues in the context of automation of ore-processing plants are considered in a number of works [9-14].

Setting the task. To develop an automatic classifier control system using fuzzy logic.

Research material and results. Considering the specifics of the technological process, it is useful to identify the input and output sets for the classifier of the first stage grinding and classification of iron ore. When building a mathematical model for classifier control, we should use the input sets coming from the mill model: consumption of crushed ore V_{pr} (t/h), density of discharge pulp S_p (kg/m³), and additionally water consumption into the classifier V_{bm} (m³/h). Output parameters of the classifier are as follows: pulp density in a classifier S_z (kg/m³), sand consumption in the unloading cycle V_p (t/h), size of discharge pulp K_z (mm) and discharge pulp productivity P_z (t/h). Expert evaluation was used to estimate the changes of fuzzy input and output variables (tabl. 1 and tabl. 2).

Table 1

Technological parameters for determining the input vector of the mathematical model for the classifier control

Technological parameter	Mark	Limit value	
		min	max
Consumption of crushed ore (t/h)	Vpr	75	170
Density of discharge pulp (kg/m ³),	Sp	1400	1700
Water consumption into the classifier (m ³ /h)	Vbk	200	230

Table 2

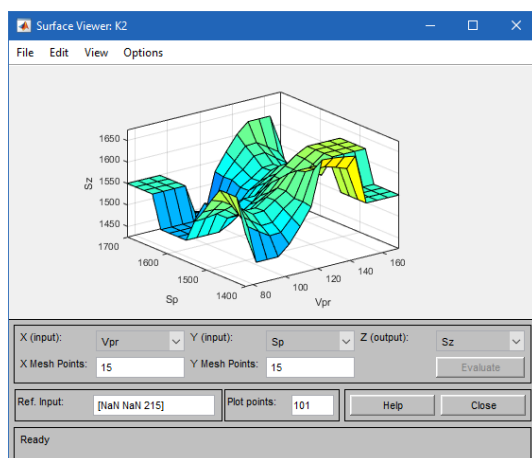
Technological parameters for determining the output vector of the mathematical model for the classifier control

Technological parameter	Mark	Limit value	
		min	max
Pulp density in a classifier (kg/m ³)	Sz	1400	1700
Sand consumption in the unloading cycle (t/h)	Vp	120	255
Size of discharge pulp (mm)	Kz	0,05	0,1
Discharge pulp productivity (t/h)	Pz	75	170

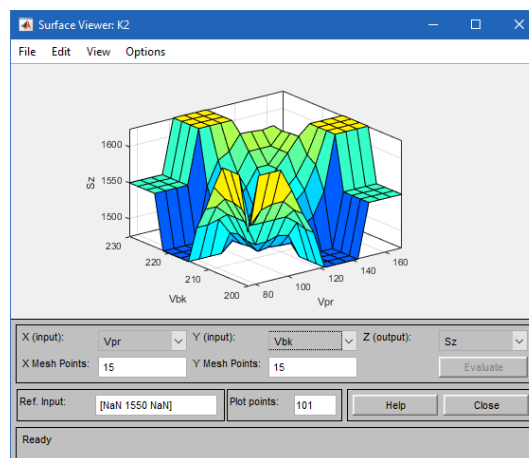
When building a mathematical model for control, we developed fuzzy rules to describe the operation of the ACS classifier of the first grinding and classification and synthesized the base of rules, membership functions and general conclusion. Using the "Fuzzy" simulation tool Simulink [15], which is integrated with MATHLAB package [16], we identified the surface of the FLC classifier for the first stage of iron ore grinding. Graphs of the synthesized FLC surface for determining the density of the discharge pulp from the classifier depending on the input technological parameters are presented in Fig. 1. The figure shows the following functional dependencies

$$a - [Sz] = f(Vpr, Sp), b - [Sz] = f(Vpr, Vbk);$$

$$c - [Sz] = f(Sp, Vbk).$$



a



b

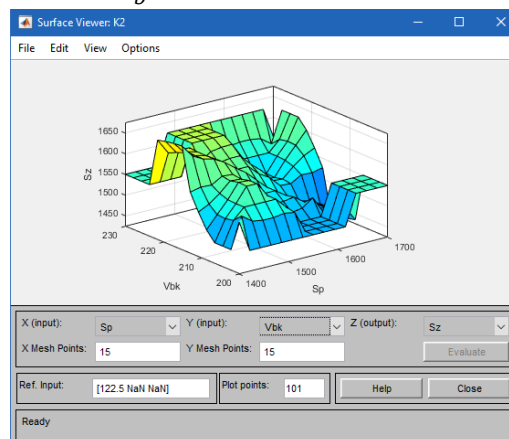
Fig. 1. The synthesized FLC surface for determining the pulp density in a classifier Sz depending on the inputs: Vpr and Sp (a), Vpr and Vbk (b), Sp and Vbk (c)

The research confirms the influence of the following technological parameters on the pulp density in a classifier: sand consumption, size and productivity of discharge of the classifier.

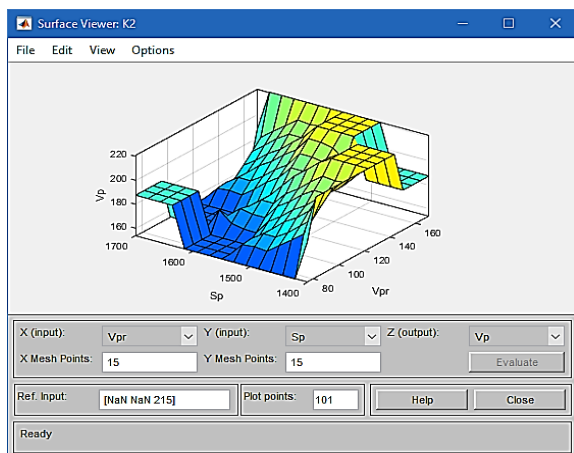
Graphs of the synthesized FLC surface for determining the sand consumption in the unloading cycle classifier are presented in Fig. 2. The figure shows the functional dependencies

$$a - [Vp] = f(Vpr, Sp), b - [Vp] = f(Vpr, Vbk),$$

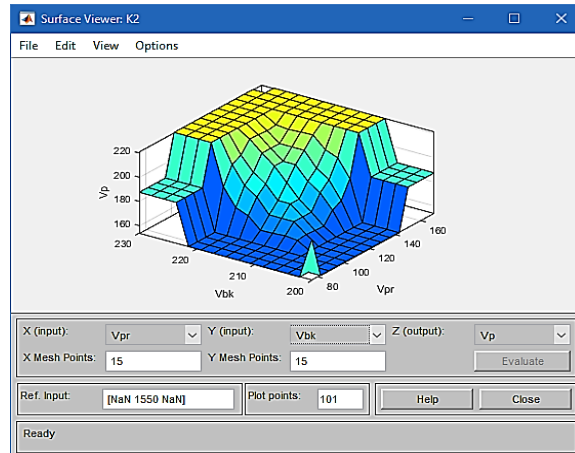
$$c - [Vp] = f(Sp, Vbk).$$



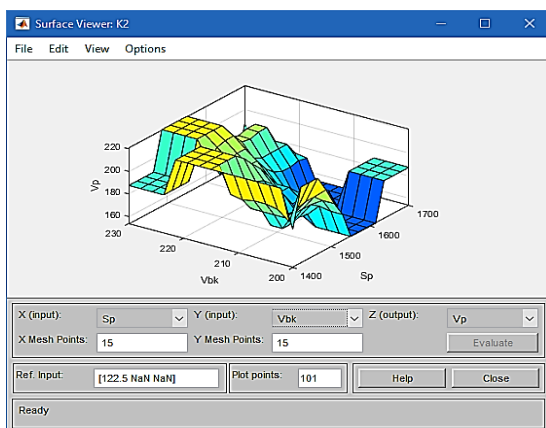
c



a



b



c

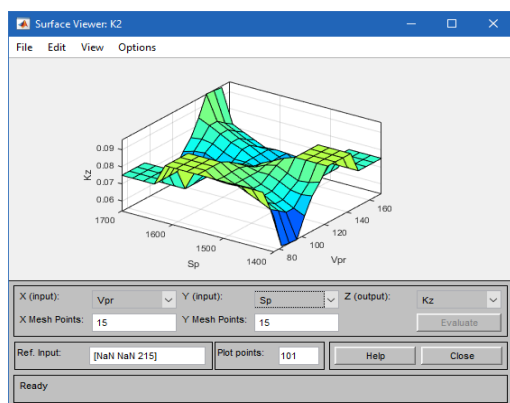
Fig. 2. The synthesized FLC surface for determining the sand consumption in the unloading cycle classifier Vp depending on the inputs: Vpr and Sp (a), Vpr and Vbk (b), Sp and Vbk (c)

Fig. 3 presents the graphs of the synthesized FLC surface for determining the size of the drain from the classifier; Fig. 4 presents the productivity of the drain classifier. The first figure shows the functional dependencies

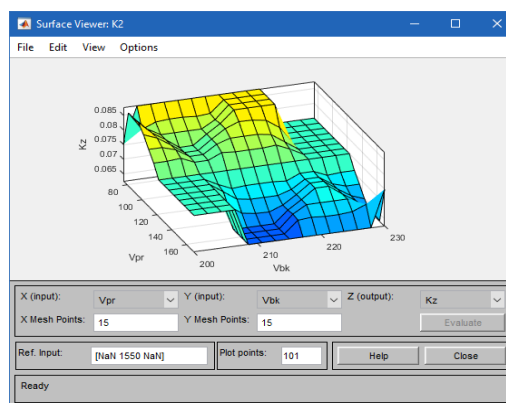
$$a - [Kz] = f(Vpr, Sp), \quad b - [Kz] = f(Vpr, Vbk), \\ c - [Kz] = f(Sp, Vbk);$$

the second figure shows

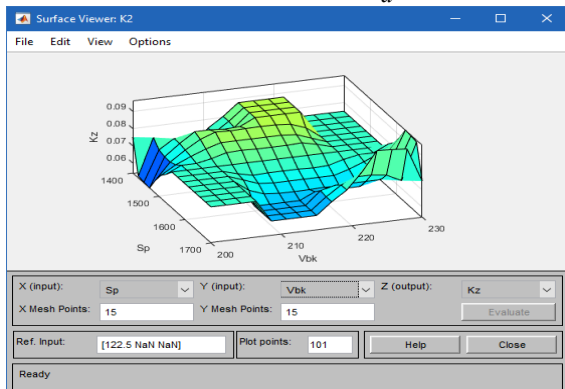
$$a - [Pz] = f(Vpr, Sp), \quad b - [Pz] = f(Vpr, Vbk), \\ c - [Pz] = f(Sp, Vbk).$$



a



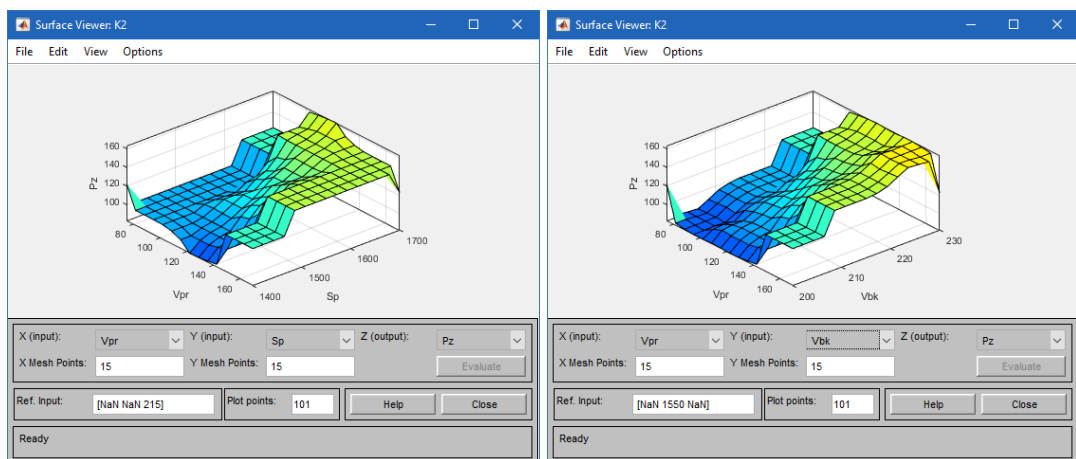
b



c

Fig. 3. The synthesized FLC surface for determining the size of discharge pulp classifier Kz depending on the inputs: Vpr and Sp (a), Vpr and Vbk (b), Sp and Vbk (c)

In the Simulink modeling environment, an ACS based on fuzzy logic was developed to control the technological process of iron ore distribution in the classifier by adding the classifier control unit C to the model of Fuzzy Logic Controller (see Fig. 5).

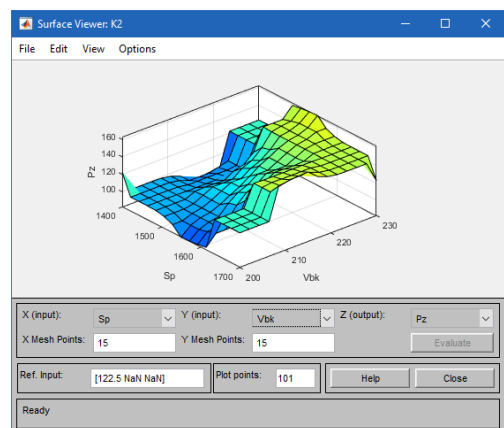


a

b

Fig. 4. The synthesized FLC surface for determining the discharge pulp productivity classifier Pz depending on the inputs: Vbm and Sp (*a*), Vbm and Vpr (*b*), Sp and Vpr (*c*)

The given influence is a set of inputs: consumption of the crushed ore Vpr and density of the discharge pulp Sp from a mill and water consumption into the classifier Vbk are added. The model uses the output sets: the density of the discharge pulp Sz, sand consumption in the unloading cycle Vp, the size of discharge pulp Kz and the discharge pulp productivity Pz from the classifier.



c

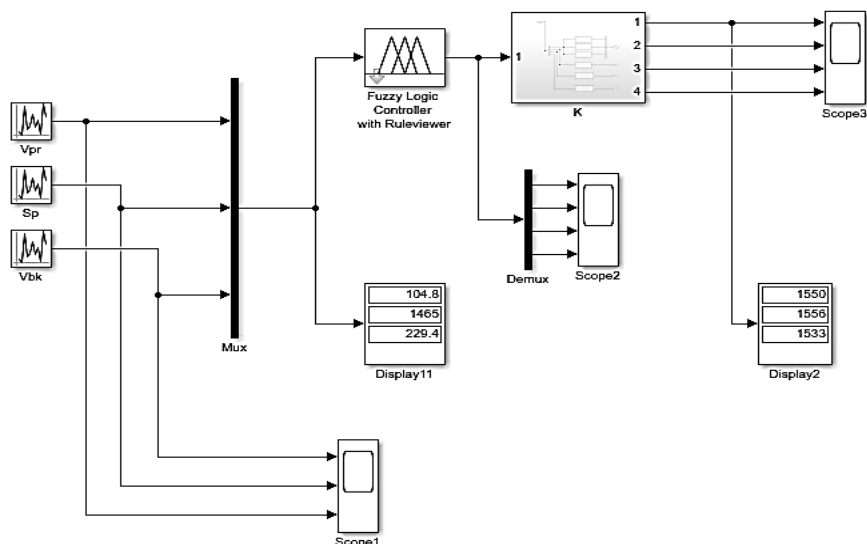


Fig. 5. The ACS classifier based on fuzzy logic in the technological process of grinding iron ore

The Fuzzy Logic Controller output generates a control signal and is essentially a corrective effect. The signal is introduced into the control system of iron ore processing in the classifier and keeps it in the regulatory state. Using ACS based on fuzzy logic to control iron ore processing in the classifier enables to study the influence of input parameters presented in Fig. 6 *a*, and the output parameters in Fig. 6, *b*.

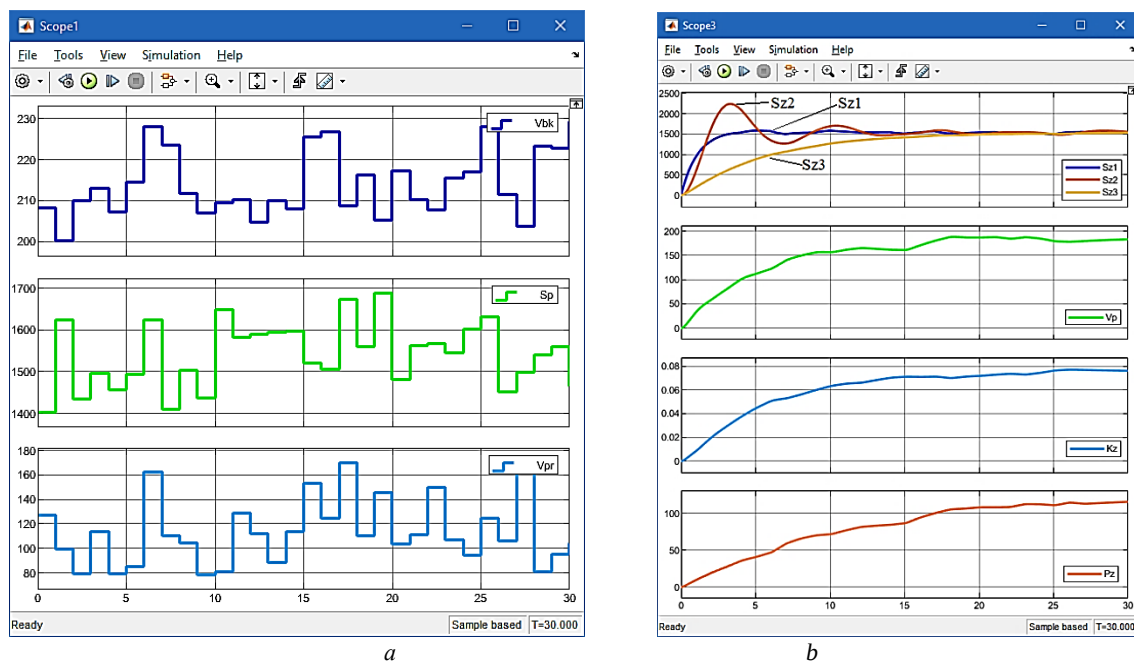


Fig. 6. Modeling the control processing iron ore in the classifier on the base of fuzzy logic: *a* - input sets and *b* - output sets

When setting the inputs [Vpr, Sp, and Vbk] labeled in Fig. 6, *a*, the output sets change as shown in the graphs of Fig. 6, *b*. The first graph shows the three functional dependencies $Sz1 = f(t)$, $Sz2 = f(t)$ and $Sz3 = f(t)$, the second graph shows $Vp = f(t)$, the third graph shows $Kz = f(t)$ and the fourth graph shows $Pz = f(t)$.

The control unit classifier C presents the transfer functions on the basis of analytical calculations and experimental data. The influence of transfer functions on the initial dependence of the change in the pulp density of the classifier discharge $Sz = f(t)$ was investigated. The classifier C is represented by three links: 1 is aperiodic $W(s) = \frac{1}{s+1}$, 2 and 3 are vibrational: $W(s) = \frac{1}{s^2 + 0.5s + 1}$ and

$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 6s + 1}.$$

These results indicate that the shortest time of 5 s, at which the transient process of changing the density of the discharge pulp in the classifier, is $Sz1 = f(t)$. Transition time with the first and second oscillating links is 20 seconds. When the oscillating link constant time is doubled, the oscillating process of the classifier discharge density is $Sz3 = f(t)$ and the time of the transient process significantly increases. When determining the sand consumption in the unloading cycle Vp, size of discharge pulp Kz and discharge pulp productivity Pz, the classifier is represented as an aperiodic link. The modeling results are visualized in a graph presented in Fig. 6, *b* and show that the transition time is about 20-25 s for the discharge size Kz and pulp productivity Pz. The transition process remains oscillatory for the sand consumption in the unloading cycle Vp.

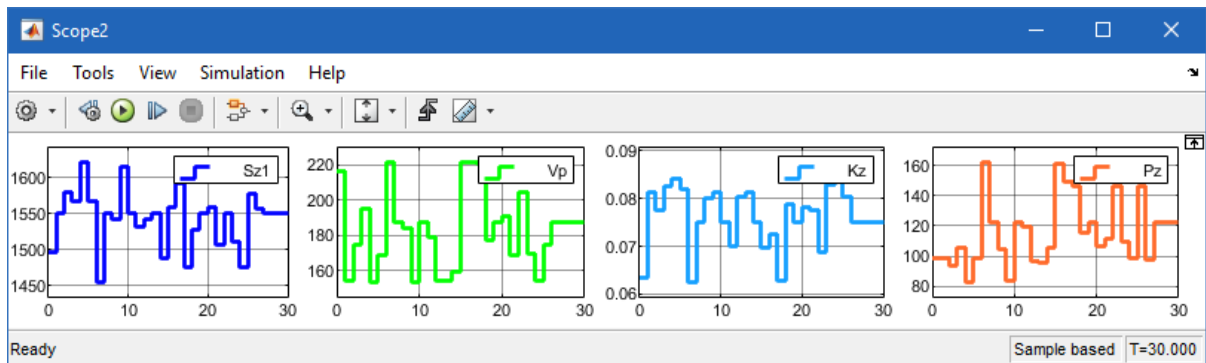
The influence of input vector parameters on initial functional dependencies like classifier pulp density Sz, sand consumption in the unloading cycle Vp, size of discharge pulp Kz and discharge pulp productivity Pz was moduled with the following change of values: crushed ore consumption Vpr, pulp density Sp and water consumption Vbk. Study data on the changes in the input technological parameters of the classifier are given in table 3.

Table 3

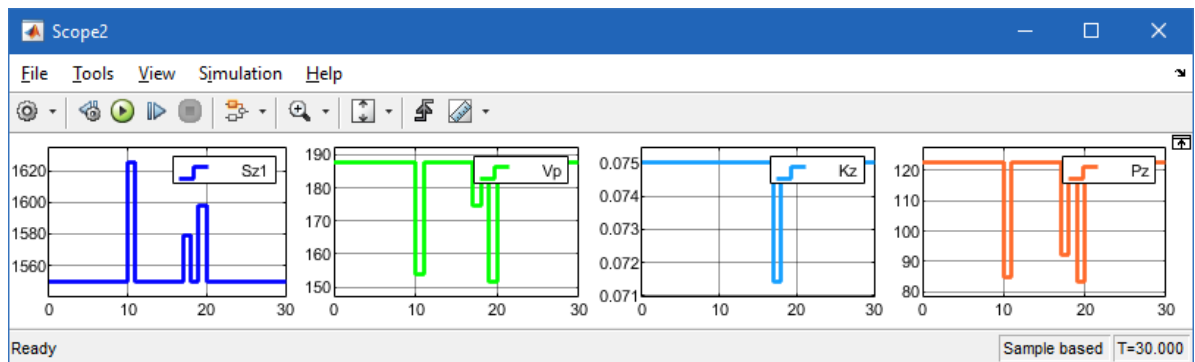
Data on changes in input technological parameters of the classifier

Mark	Limit value							
	Experiment №							
	1		2		3		4	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Vpr, t/h	75	170	100	600	100	600	100	600
Sp, kg/m ³	1400	1700	1700	2000	1400	1700	1400	1700
Vbm, m ³ /h	200	230	200	230	200	230	255	400

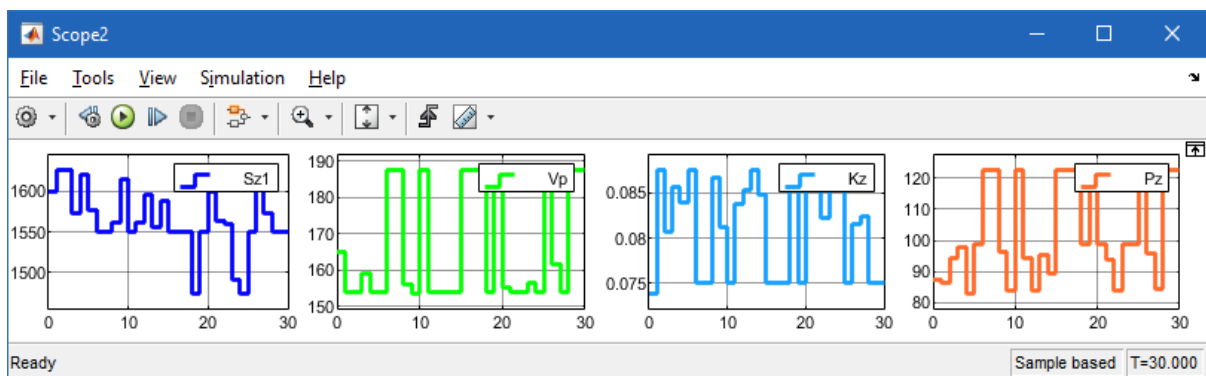
The above performance in Fig. 7 shows that Fuzzy Logic Controller with Ruleviewer forms the following outputs: density of the classifier pulp discharge $Sz - 1550 \text{ kg/m}^3$, sand consumption in the unloading cycle $Vp - 190 \text{ t/h}$, size of discharge pulp $Kz - 0.075 \text{ mm}$ and discharge pulp productivity in the classifier $Pz - 120 \text{ t/h}$.



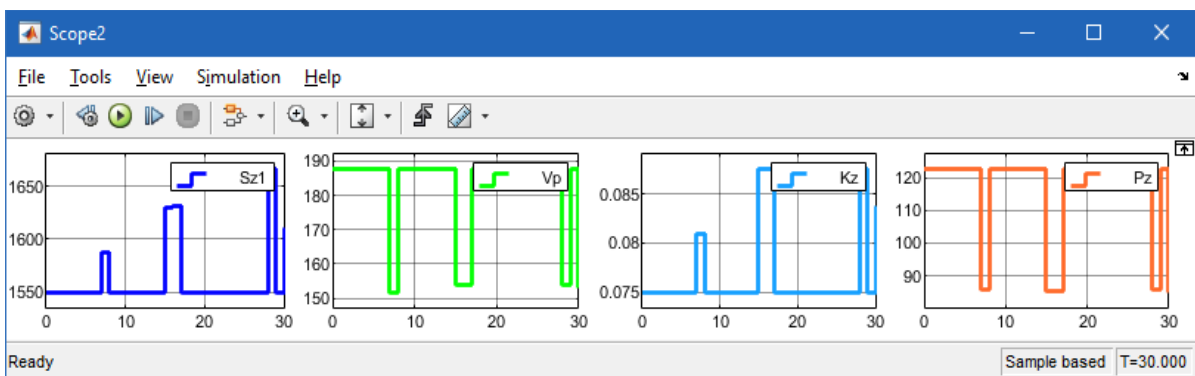
a



b



c



d

Fig. 7. Modeling results according to Table 3: a, b, c and d - experiments, respectively №1 – №4

Changing the inputs affects the average value of the classifier outputs. Changing the Vpr minimum value of 100 t/h to the maximum value of 600 t/h (experiment Table 3 №3) has the greatest influence on the initial functional dependencies: the density of the classifier discharge pulp Sz, the sand consumption in the unloading cycle Vp, the size of discharge pulp Kz and discharge pulp productivity Pz.

Conclusions and directions for further research. Studies have shown that, when controlling the classifier of the primary iron ore processing using the fuzzy logic controller, it is reasonable to rely on the corresponding technological input parameters: consumption of crushed ore, the density of the mill discharge pulp and water consumption into the classifier. In this case, the model of the classifier as an object under control is sufficiently represented in an aperiodic transfer function.

References

1. **Азарян А. А.** Разработка комплексной системы для повышения качественных показателей железной руды / **А. А. Азарян, В. Ю. Зубкевич, Д. В. Швець** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – 2018. – Вип. 47. – С. 68–75. – DOI: 10.31721/2306-5451-2018-1-47-68-76.
2. **A. Azaryan, A. Gritsenko, A. Trachuk, D. Shvets** Development of a method for operational control over quality of the iron ore raw materials during open and underground extraction // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Issue 5 (95). P. 13-19. doi: 10.15587/1729-4061.2018.144003.
3. Using the intensity of absorbed gamma radiation to control the content of iron in ore / **A. Azaryan, A. Gritsenko, A. Trachuk, V. Serebrennikov, D. Shvets** // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 3, issue 5 (99). – P. 29–35. – DOI: 10.15587/1729-4061.2019.170341.
4. **Azaryan A.** Complex automation system of iron ore preparation for beneficiation / **A. Azaryan, A. Pikilnyak, D. Shvets** // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – Issue 8. – P. 64–66.
5. **Азарян А. А.** Гамма-излучение как источник информации для контроля содержания железа в железорудном сырье / **А. А. Азарян, Д. В. Швець** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – 2020. – Вип. 50. – С. 153–159. – DOI: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-153-159
6. **Азарян А. А.** Контроль содержания магнитного железа в пульповых продуктах рудообогатительной фабрики / **А. А. Азарян, В. Г. Кучер, Ю. Е. Цыбулевский, Д. В. Швець** // International Academy Journal «Web of Scholar». – 2017. – № 1(10). – С. 9–12.
7. **Азарян А. А.** Разработка измерительного канала для оперативного контроля содержания железа магнитного во взрывных скважинах / **А. А. Азарян, А. А. Трачук, А. Н. Гриценко, Д. В. Швець** // Центрально український науковий вісник. Технічні науки. – 2019. – № 32. – С. 138–145.
8. **Швець Д. В.** Розробка системи стабілізації масової долі заліза магнітного у зливі класифікатора та дослідження можливості автоматизації процесу подрібнення залізної руди та підготовки її до збагачення / **Д. В. Швець** // Качество минерального сырья: сб. науч. тр. – Кривой Рог, 2014. – С. 252–264.
9. **Morkun V.** Formalization and frequency analysis of robust control of ore beneficiation technological processes under parametric uncertainty / **V. Morkun, N. Morkun, V. Tron** // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – No 5. – P. 7–11.
10. **Kupin A. I.** Research of properties of conditionality of task to optimization of processes of concentrating technology is on the basis of application of neural networks // Metallurgical and Mining Industry. 2014. № 4. P. 51–55.
11. **Morkun V.** Optimization of the second and third stages of grinding based on fuzzy control algorithms / **V. Morkun, O. Savytskyi, M. Tymoshenko** // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – Vol. 7. – No. 8. – P. – 22-25.
12. **Morkun V.** Investigation of methods of fuzzy clustering for determining ore types / **V. Morkun, S. Tcvirkun** // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – Vol. 6. – No. 5. – P. 12–15.
13. **Купін А.І.** Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології : Монографія. – Київ: Вид-во "Корнійчук". – 2008. – 204 с.
14. **Кулаєнко О. А., Пермяков В. И.** Нейронные сети и нечеткая логика в управлении измельчительным оборудованием // Тези доповідей XXIII Міжнародної конференції з автоматичного управління (Автоматика–2006). Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. С. 392–393.
15. Simulink [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>
16. MATLAB [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

Р. О. ТІМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д. А. КРІШКО, канд. техн. наук, ст. викл.,
В.О. САВЕНКО, канд. техн. наук, молод. наук. співробітник, Д.А. СКРІБЦОВА, магістрант
Криворізький національний університет

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПРОЕКТУВАННІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Мета. Дослідити та оцінити основні тенденції світового ринку на предмет розробок новітніх будівельних матеріалів та конструкцій. Аналіз отриманих даних, з метою впровадження новинок на вітчизняний ринок.

Методи дослідження. Моніторинг вітчизняних та європейських досліджень і ринку на предмет інноваційних розробок у галузі виробництва будівельних матеріалів та конструкцій.

Наукова новизна. Отримання комплексної інформації про об'єкт дослідження, що дозволить розумно інтегрувати новітні розробки при будівельному виробництві в нашій країні. Отримані дані суттєво допоможуть підвищити такі показники будівельної продукції, як: економічність, технологічність, енергоефективність та екологічність.

Практична значимість. Розширення вітчизняного ринку будівельної продукції. Підвищення якості готового продукту будівництва. Особливістю сучасного будівництва є надзвичайно широкий спектр нових матеріалів, виробів і технологій, які внаслідок інтенсивного розвитку будівельної науки і техніки змінюються кожні 5-10 років. Завдяки союзу науки і будівельної інженерії створюються технології одержання нових, високоефективних, екологічно чистих матеріалів функціонального призначення. Виробництво цих матеріалів засновано на безвідходних і енергозберігаючих технологіях. Будівельні матеріали займають дуже важливе місце серед багатьох факторів, що визначають якість сучасного будівництва, архітектурну цінність будівель та споруд і техніко-економічні показники будівельних проектів. Асортимент і якість виробів будівельної індустрії визначають безпосередній вплив на технічні, естетичні переваги об'єкта та його довговічність. Проблема підвищення загального рівня якості будівництва та архітектури безпосередньо пов'язана з поліпшенням якості будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, впровадженням широкого асортименту нових ефективних матеріалів, які в повній мірі відповідають архітектурно-будівельним вимогам. Від правильного вибору будівельних матеріалів та конструкцій залежить не тільки фізична, а й моральна довговічність будівлі або споруди.

Результат. Знайдено багату кількість новітніх розробок, здатних полегшити процес виготовлення будівельної продукції, покращення її якості.

Ключові слова: інноваційні будівельні матеріали, скляна черепиця, розумний бетон, будівельні блоки з морської солі, рулонний бетон, біонічні QS-матеріали, гнучкий камінь.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-163-168

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Впровадженням сучасних будівельних матеріалів та конструкцій у вітчизняне будівництво можна вирішити одразу декілька проблем, а саме:

збереження навколишнього середовища та покращення атмосфери всередині будівлі, за рахунок використання екологічних матеріалів (погане повітря в приміщеннях, що сприяє розвитку багатьох хвороб, виявлено майже в 35% старих і новозбудованих будинках по всьому світу. Також під час проведення будівельних робіт виникає проблема з утилізацією відходів, які сприяють забрудненню води та повітря). В наш час складно уявити собі міські будинки, зроблені не з бетону. Не дарма ж він отримав таке широке застосування: міцність, водонепроникність, морозостійкість. Натомість це наносить серйозну шкоду природі. На цій землі ще жити нащадкам, тому необхідно замислюватися про її збереження;

доступність житла для малозабезпечених прошарків населення (будівництво передбачає великі вкладення інвестицій, що не можливо для малозабезпеченого населення. Тому люди вимушені брати кредити або сплачувати за будівництво частинами на різних етапах будівництва. Через це будівельним фірмам доводиться призупиняти процес зведення, виходить занадто низька економія на матеріалах, а також великі простой. Все це призводить до подорожчання житла);

покращення критеріїв енергоефективності та технологічності.

Аналіз досліджень і публікацій. Застосування нових інноваційних будівельних матеріалів та технологій в Україні край перспективно і має призводити до спрощення та прискорення процесу будівництва, зниження його собівартості, збільшення енергоефективності об'єктів. Однак їх впровадження відбувається повільно, що пов'язано з економічною кризою, високою вартістю деяких будівельних матеріалів, недовірою замовників та підрядників до нових будівельних матеріалів та технологій, запровадженням державою нових стандартів та вимог, відсутність нормативної бази, дефіцитом проектувальників, лобізмом виробників традиційних матеріалів, браком інвестицій [1-3].

Дослідження виконане на основі результатів аналізу вітчизняних та зарубіжних видань, публікацій та статей на предмет розробки у світі новітніх будівельних конструкцій і матеріалів. Вивчення їх властивостей та визначення області застосування того чи іншого виробу. Можливість інтеграції інноваційних матеріалів в український ринок будівництва [4-12].

Постановка задачі. Метою дослідження є оцінка основних тенденцій світового ринку на предмет розробок новітніх будівельних матеріалів та конструкцій, а також аналіз отриманих даних, з метою впровадження новинок на вітчизняний ринок.

Викладення матеріалу і результат. В даний час у світі намітилася тенденція формування економіки, заснованої на знаннях, пов'язаних, перш за все, із соціальною орієнтацією нових технологій у різних галузях, у тому числі, створенням та використанням нових матеріалів та природозберігаючих технологій.

Перехід до ринкових відносин та структурна перебудова економіки призвели до корінних змін у будівельній галузі, перетворивши її на інвестиційно-будівельний комплекс з інтенсивним використанням інноваційних програм. Економіка країни стала на шлях масового оновлення застарілого виробничого апарату галузей народного господарства, у тому числі будівельного комплексу, на новій інноваційній основі.

Отже, інновації у будівництві відіграють важливу роль у розвитку науково-технічного прогресу у національній економіці загалом.

По-перше, це складова частина інноваційної діяльності в країні, тобто побудована в цьому році будівля може бути такою ж нововведенням (інновацією), як випущені в тому ж році машина, прилад, телевизор нової моделі та ін.

По-друге, в окремих галузях споруди, створені будівельною галуззю, є інновації, оснащені новою технікою.

По-третє, впровадження у багатьох галузях нової технології для випуску нової продукції та підвищення її якості здебільшого пов'язане з будівництвом. Із розвитком високих технологій підприємствам все частіше потрібні особливо чисті виробничі приміщення. Без таких приміщень (що представляють інновації у будівництві) не з'являться інновації в електронній, авіаційній, космічній, біомедичній, фармацевтичній та інших галузях промисловості.

По-четверте, запровадження інновацій у житловому будівництві призводить до покращення умов життя громадян. Так, застосування ефективних радіаційно-стійких стінових конструкцій та матеріалів підвищує комфортність житла, а також сприяє скороченню кількості захворювань населення.

По-п'яте, будівництво інноваційних будівель та споруд соціального призначення (лікарень, поліклінік, санаторіїв, будинків відпочинку, дитячих садків, стадіонів тощо) означає покращення якості вкладень у людський капітал.

Будівництво представлено різними видами робіт та безліччю технологічних процесів, тому в ньому може бути безліч видів інновацій: нововведення, що використовуються в процесі проектування, інноваційність самих об'єктів (будівель та споруд), нові будівельні технології, нові методи організації та управління у будівництві та ін.

Важливу проблему для будівельних підприємств є розробка концепції, принципів та методів стратегічного планування та управління з метою забезпечення їх стійкого довгострокового функціонування в умовах конкуренції.

Вітчизняні підприємства потребують достовірної оцінки техніко-економічного потенціалу виробництва, розробки стратегічних рішень, реалізації системних перетворень, пов'язаних з організацією та управлінням підприємством у ринкових умовах, що змінюються.

Розробка та випуск нових видів продукції має стати пріоритетним напрямком стратегії розвитку виробництва кожного будівельного підприємства.

Здійснення інноваційної політики на будівельному підприємстві передбачає вирішення наступних завдань: формування інноваційної політики та координації діяльності у цій галузі виробничих підрозділів; створення проблемно-цілевих груп для комплексного вирішення інноваційних проблем від ідеї до введення в експлуатацію об'єктів; розробка планів та програм інноваційної діяльності; забезпечення програм інноваційної діяльності фінансами та матеріальними ресурсами; розгляд проектів створення нової будівельної продукції; забезпечення інноваційної діяльності кваліфікованим персоналом; спостереження за ходом розробки нової продукції та її впровадження.

Досвід розвинених країн показує, що зі зростанням масштабів науково-технічної діяльності у сфері.

Виробництво зростає обсяг робіт, пов'язаний із взаємодією різних економічних суб'єктів. Такими суб'єктами є інші будівельні підприємства, підприємства промисловості будівельних матеріалів, науково-дослідні та проектні інституції, вищі навчальні заклади.

Серед напрямів інноваційного бізнесу у будівництві можна виділити такі: закупівля прогресивних зарубіжних технологій та організація виробництва нової продукції; закупівля прогресивних матеріалів, машин та обладнання для будівельних організацій; закупівля вітчизняних та закордонних патентів для подальшої організації власного виробництва будівельних матеріалів; послуги зарубіжних будівельних компаній під час виконання будівельних робіт з використанням нових технологій; проведення власних науково-дослідних робіт; виконання власних інноваційних архітектурно-проектних розробок; навчання робітників та спеціалістів новим технологіям, навичкам роботи з новими механізмами та будівельними матеріалами.

Для стимулювання проведення пошукових і прикладних досліджень, а також науково-дослідних робіт повинна бути створена єдина інтегрована інформаційна система, що містить всю інформацію про інноваційну систему, у тому числі про дослідження з галузей промисловості та будівництва.

В даний час, за оцінками експертів, відсутність розвиненої функціональної інформаційної системи стала однією з важливих проблем інноваційного бізнесу. Як наслідок цього ринок інновацій не є прозорим з точки зору інформації про основних учасників, організаційно-правових умов роботи, напрямки прямої та непрямой державної підтримки інноваційної діяльності.

Нестача інформації про розробки та прибуткові проекти призводить до зниження інвестиційної активності, у тому числі іноземних інвесторів, що значно скорочує можливості фінансування інноваційної діяльності. З іншого боку, розробники орієнтованих на експорт технологій також відчувають нестачу в інформації про закордонні ринки, нормативну базу, перспективи розробки даної предметної галузі, потенційних інвесторів.

Як основоположні умови досягнення поставлених цілей передбачаються такі: вивчення попиту на продукцію галузі, проведення маркетингу та реклами; вдосконалення системи управління підприємствами будівельної індустрії; здійснення заходів щодо зниження витрат виробництва будівельних матеріалів; просування вітчизняної продукції на ринки розвинених країн та країн СНД; економія валютних ресурсів з допомогою скорочення обсягів імпорту продукції з-за кордону.

За останні роки відбулися глобальні зміни основних економічних та виробничих показників зовнішнього середовища, що впливають на діяльність підприємств. До найважливіших їх належить: ускладнення продукції; високі вимоги до якості продукції та термінів здачі продукції замовникам; поява індивідуальних вимог до продукції, що зумовило необхідність переходу практично до індивідуального виробництва з усім комплексом найскладніших організаційно-технічних заходів та системи реорганізацій; посилення конкурентної боротьби. Реалізація викладених пропозицій щодо активізації інноваційної діяльності у будівництві може бути певним стимулом для прискорення науково-технічного розвитку вітчизняної економіки.

Нові матеріали у будівництві різноманітні. Вони дозволяють зводити будівлі, що мають відмінні експлуатаційні характеристики. Також у будівництві з'являються нові технології, які дозволяють зводити будинки дешевше, швидко, ефективно, що допоможе у майбутньому вирішити проблему забезпечення населення житлом.

Розглянемо новітні інноваційні матеріали.

Прозора теплоізоляція. У будинку у Фрейбурзі зовнішні стіни будинку теплі, а внутрішні прохолодні. Це відбувається без краплі нафти, газу чи електричного струму. Однією з дієвих формул цього будинку є TWD (Transperente Waermedaemmung) чи прозора теплоізоляція (ПТІ).

Поняття ПТІ включає велику групу світлопрозорих матеріалів, наприклад, акрилову піну, капілярне скло, стільниковий полікарбонат. Крім прозорості, загальними властивостями цих матеріалів є: пориста або трубчаста структура – вони приблизно на 95% складаються з повітря, завдяки чому мають чудову теплоізоляцію. Шар такого матеріалу товщиною 20 мм у 3 рази краще зберігає тепло, ніж товста цегляна стіна завтовшки 510 мм традиційного будинку. Найкращі властивості мають матеріали, звані аерогелями, зокрема, силікагель – матеріал на основі

кремнієвої кислоти. Розмір мікропор у силікагелі набагато менший за довжину хвилі видимого світла, і внаслідок малого розсіювання зразки товщиною 12 мм на 10% прозоріше, ніж двошарове скління. Виходячи з технології виробництва та задля уникнення забруднень, ПТІ укладають між двома склом у рамках з різних матеріалів, тобто в склопакет. Принцип використання ПТІ – прозора теплоізоляція розміщується перед масивною стіною з бетону або іншого важкого матеріалу, зовнішня сторона якої забарвлюється у чорний колір та відіграє роль накопичувача теплової енергії. Сонячне випромінювання проникає крізь ПТІ і чорної поверхні стіни перетворюється на теплову енергію. Стіна, своєю чергою, поступово віддає тепло всередину будівлі. Таким чином, стіни будинку більше беруть тепло від сонця, ніж віддають його назовні. Одним із прикладів об'єктів, на яких була перевірена ПТІ, була Паул-Робертсон – школа у Лейпцигу. Проведені виміри показали, що після реконструкції школи з її утепленням прозорою теплоізоляцією витрати на опалення знизилися від 225 кВтГод/м² до 58 кВтГод/м², що означає зменшення втрат енергії на 70% [13].

Вчені з Інституту світла та будівельної техніки (ILB) в Кельні розробили систему, яка здатна успішно вирішити проблему нерівномірності освітлення, яка значною мірою може бути усунена за допомогою оптичних елементів. Ці елементи є вигнутими тонкими смужками з акрилового або гідрокарбонатного скла, які розташовуються всередині склопакетів у верхній частині вікна. Ці елементи перенаправляють розсіяний сонячний колір у глибину приміщення та на стелю. У підвісній стелі монтуються відбивні елементи, які мають спеціальну структуру, що розсіює. Верхня світлокеруюча частина вікна ніколи не затінюється сонцезахисними пристроями, тоді як нижні частини вікон обладнуються затіненням, яким, за потреби, можна користуватися.

Світлокеруючі оптичні елементи. Використовуючи на практиці світлокеруючі голограми, було встановлено, що якість та тривалість природного освітлення стали значно кращими, приміщення глибиною більше 7 м не вимагали додатково штучного освітлення. Ведуться розробки, коли світлокеруючі голограми автоматично доповнюються штучним світлом при зменшенні природного освітлення в приміщеннях [14].

Еластичний бетон, що самовідновлюється. Вчені з Університету Мічигана Віктор Лі та Інцзи Ян поставили за мету створити бетон, здатний самостійно «заліковувати» тріщини, що утворилися, наприклад, внаслідок землетрусу. Вироби, виготовлені з нової бетонної суміші при випробуванні на розтягування, були покриті на 5% мережею тріщин. Новий бетон не лише скріпив їх, а й відновив свою первісну форму. Звичайний бетон за таких випробувань просто розламався б на шматки. Відновити свою форму та якості інноваційному бетону допомагає вода. Взаємодіючи з ним протягом декількох днів, вона вступає в реакцію з мінеральними добавками та іншими сполуками, що містяться в бетоні, а також із вуглекислим газом з атмосфери – і шрами на бетонній плиті зарубцьовуються карбонатом кальцію. При цьому плита, що відновилася таким чином, практично нічого не втратить у міцності. Для того щоб збільшити довговічність бетону, вчені з британського університету Бата працюють над створенням бетонної суміші, що самовідновлюється, яка може бути використана для герметизації тріщин в залізобетонних конструкціях. Головною відмінністю нового матеріалу є наявність у суміші спеціальних мікрокапсул, у яких містяться сульфатредукуючі бактерії. При проникненні вологи через тріщини та попаданні на бактерії, вони починають активно розмножуватися, виробляючи вапняк, який сприяє заростанню тріщин [4, 15].

Крім того, у міру відновлення та затвердіння бетон може розчавити і самі мікрокапсули, що містять бактерії, – цю проблему також вирішити вченим. Також Кевін Пейн з департаменту архітектури та цивільного будівництва університету Бата пропонує закласти у мікрокапсули поряд з бактеріями поживні речовини та лактат кальцію.

«Розумний» бетон. Щоб знизити ризик повеней у містах, англійська компанія Tagmat розробила бетон TormixPermeable. Його головна відмінна характеристика – висока здатність пропускати воду. Нова технологія виробництва будівельного матеріалу має на увазі використання замість піску шматочків гранітного щебеню, через які вода буде просочуватися, а потім поглинатися ґрунтом. Крім зниження ризику затоплення використання проникного бетону дозволить підтримувати сухість та безпеку вулиць. До недоліків Tormix відноситься відносно висока ціна в порівнянні зі звичайним бетоном і можливість використання тільки в місцях з не надто холодним кліматом, оскільки низькі температури викликать розширення бетону та, відповідно,

руйнування покриття [16].

Будівельні блоки із морської солі. Архітектор із Голландії Ерік Джоберс зумів розробити екологічну технологію виробництва блоків на основі морської води. З використанням сонячної енергії сіль витягується з океану і потім змішується з крохмалем, який одержують із морських водоростей. На виході виходять блоки, які мають високу міцність під час стиснення. Побудовані з таких блоків будівлі покривають матеріалом, заснованим на епоксидній смолі, після чого ніяка вологість не здатна їх пошкодити. Блоки із солі цілком підходять і для створення гнучких арочних конструкцій. Для посушливих країн, наголошує Ерік Джоберс, така будівельна технологія є оптимальною.

Деревоволокнисті плити. Американська компанія-виробник будівельних матеріалів Stramit USA представила на ринок новий продукт - деревоволокнисті плити CAFboard (Compressed Agricultural Fiber Board), виготовлені із соломи пшениці, що залишилася після збирання врожаю. Компанія Stramit USA створила термореактивні плити CAFboard, які довговічніші, ніж деревина або деревно-композитні плити та піна. Новий матеріал відрізняється нетоксичністю, міцністю, високою стійкістю до цвілі та ураження шкідниками. Відмінні звукопоглинаючі та ізолюючі властивості забезпечуються особливою структурою плити – мікроскопічні порожнечі добре поглинають та розсіюють звук та тепло. Крім того, пресування пшеничної соломи відбувається при дуже високих температурах і тиску, при цьому видаляється практично все повітря, яке могло б підтримувати горіння, тому плита CAFboard має високу вогнестійкість [17, 18].

Скляна черепиця. Компанія SolTech Energy із Швеції розробила унікальний будівельний матеріал для покрівлі будівель – черепицю зі скла. Вона оснащена вбудованими фотоелементами, які накопичують енергію сонячних променів та дозволяють використовувати її для різних потреб (підігріву води, опалення, роботи електромереж). Така черепиця виготовляється з розжареного ударостійкого скла, тому не поступається за міцністю традиційним керамічним аналогам. Форма та розмір окремих скляних елементів відповідає параметрам керамічної черепиці, тому їх можна використовувати для часткового покриття даху. При цьому максимальна ефективність її використання досягається на дахах, звернених до південної сторони [19].

Гнучкий камінь. Одна з нових оздоблювальних технологій, яка відноситься до різновиду шпалер та імітує структуру та колір різних видів каменю (пісковику, сланцю, клінкерної цегли та ін.). Він виробляється на основі пісковику та екологічно чистого полімеру, за рахунок якого новий матеріал є гнучким, міцним, легким та зручним у застосуванні. Ці властивості дозволяють використовувати його для обробки не тільки рівних поверхонь, але і для складних об'єктів форм (камінів, колон і ін.). Гнучкий камінь має товщину 1,5-3 мм і накладається смугами на стіни, попередньо вкриті клейовим складом, після чого затираються всі стики. Він стійкий до стирання та вигорання [20].

Рулонний бетон. Новий матеріал для будівництва, цей концепт розробили французькі архітектори та дизайнери з Cutwork. На будівництво даного будинку знадобиться близько доби. Щоб встановити бетонно-рулонний будинок, достатньо в розчин додати лише звичайну воду. Будинки поставляються на місце будівництва вже в готовому вигляді, їх залишається лише змонтувати. Матеріал, який використовується в будівництві, вже запатентований [21].

Біонічні QS-матеріали. QS-матеріали (технологія Quick Set) – «швидке зчеплення» – це ціла лінійка будівельних матеріалів, в якій представлені різні назви, від армуючих мас до фасадних штукатурок для роботи в міжсезоння.

За технологією, змішувати під час проведення робіт традиційні будівельні матеріали та розробки із серії QuickSet не можна. Що стосується висихання, то плівка, що виникла на поверхні будівель, після використання біонічних покриттів не свідчить про те, що матеріал застиг повністю: він буде готовий до експлуатації тільки через 48 годин, коли просохне на всю товщину.

Ще одна цінна новинка – фасадні панелі для облицювання будинків, що повністю імітують дерево. Вони і називаються Wood. Основні елементи панелей – склосітка та органічна армуюча речовина. Основні характеристики – міцність; гарантія високої теплоізоляції; економічність; простота монтажу та обслуговування; стійкість до зовнішніх впливів; можливість пофарбувати поверхню у будь-який тон.

Висновки і напрямки подальших досліджень. Створення нових інноваційних матеріалів або модернізація старих технологій є потреба людей у більш дешевому, екологічному та надійному способі будівництва. Удосконалення традиційних матеріалів призводить до того, що вони

набувають нових властивостей і здатні брати на себе додаткові функції. Робота над винаходом нових технологій та інноваційних матеріалів необхідна для більшої міцності та надійності будівель та споруд.

Список літератури

1. **Беляев М.А.** Механизм управления факторами развития современных экономических систем – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 194 с.
2. **Литовченко С.Е.** Организационно-управленческие инновации: развитие экономики, основанной на знаниях – М.: Ассоциация менеджеров, 2010. – 104 с.
3. **Философова Т.Г.** Конкуренция. Инновации. Конкурентоспособность – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2011. – 295 с.
4. **Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Андоньєв П. Д.** Бетон, що самовідновлюється // Розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції (26-28 травня 2021 р.). – Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2021. – С. 77.
5. **Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Білашенко К. С.** Методи підвищення ефективності монолітного будівництва будинків і споруд // The problems of applied mechanics, energy saving and mechanization in the mining and metallurgical complex. Conference materials International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Students (April 27-29, 2021 Kyiv Rih) – Kyiv Rih: KNU, 2021. – Pp. 85-89.
6. **Настич О. Б., Хоруженко І. В.** Забезпечення міцності зчеплення захисного бетону з поверхнею будівельних конструкцій // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток промисловості та суспільства» (24 травня 2017 р.) – Кривий Ріг: ДВНЗ «КТУ», 2017. – С191-192.
7. **Тімченко Р. О., Крішко Д. А.** Урахування критеріїв надійності будівель та споруд // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Дн-ск, 1999. – Вып. № 9. – Ч. 1. – С. 310-317.
8. **Тімченко Р. А., Крішко Д. А., Луценко Ю. І.** Модернизация жилого дома с использованием передовых технологий и материалов // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КТУ, 2009. – Вып. 92. – С. 49-54.
9. **Тімченко Р. А., Крішко Д. А., Горобец Т. Ю.** Оценка строительных экоматериалов по критерию качество / цена // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку” (25-28 травня 2010 р.) – Кривий Ріг: Криворізький технічний університет, 2010. – С. 268-269.
10. **Тімченко Р. А., Настич О. Б., Крішко Д. А.** Новые подходы и применяемые материалы при реконструкции жилых домов // Сучасні проблеми архітектури та містобудування – К.: КНУБА, 2010. – Вып. 25 – С. 363-368.
11. **Абрамян С. Г., Бурлаченко О. В.** Инновационные технологии и материалы в строительном производстве – Волгоград: ВолгГАСУ, 2010. – 116 с.
12. **Захарченко П. В., Долгий Е. М.** Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали. – К.: КНУБА, 2005. – 512 с.
13. **Декуша Л. В., Грищенко Т. Г.** Установка для прямого измерения интегральных полусферических термодинамических характеристик энергоэффективных стекол и покрытий ИТРС-1 // «Оконные технологии» – 2006, № 23. – С. 36-39.
14. **Радомцев Д. О.** Підвищення енергоефективності будівель засобами сучасних систем інтегрального освітлення // Будівельні конструкції. – 2013, №.77 – С. 274-278.
15. **Струкова Е. А., Гилязидинова Н. В.** Самовосстанавливающийся эластичный бетон // X Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ» – 2018. – С. 1-3.
16. **Коверніченко Л. М.** Заповнювачі для бетону і взаємодія їх з водою // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – Луцьк ЛНТУ, 2017, №8. – С.103-110.
17. **Основы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов (деревообработка) // П. Ю. Бунаков, А. В. Виноградов, Ю. И. Рудин, А. В. Стариков, С. Н. Рыкунина. – М.: МГУЛ, 2008. – 312 с.**
18. **Волынский В. Н.** Технология древесных плит и композитных материалов / М.: Издательство: Лань, 2012 – 336с.
19. **Фарниев Д. К., Абрамян С. Г.** Устройство прозрачных кровель из современных материалов // Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 3. – С. 307-310.
20. **Михайлин Ю. А.** Конструкционные полимерные композиционные материалы. – СПб: Научные основы и технологии, 2008 – 822 с.
21. **Рулонный композиционный материал для ремонта и гидроизоляции бетонных, железобетонных и каменных конструкций и сооружений / Т. А. Костюк, А. А. Плугин, В. А. Арутюнов, Н. М. Партала, Ю. А. Суханова // 36. наук. праць УкрДУЗТ. – 2014. – № 143. – С. 103-110.**

УДК 622.7: 534

Моркун В. С., Моркун Н. В., Гапоненко А. А., Бобров Є. Ю. Аналіз методів оцінки параметрів процесу зворотного розсіювання ультразвукових хвиль

Мета. Аналіз методів оцінки параметрів процесу зворотного розсіювання ультразвукових хвиль, які розповсюджуються у випадково-неоднорідному середовищі, для визначення можливості їх використання в процедурі ідентифікації мінеральних різновидів залізної руди.

Методи дослідження. Методи аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду, а також методи математичної статистики і теорії ймовірності для формування оцінки результатів дослідження.

Наукова новизна. Обґрунтування використання параметрів зворотного розсіювання ультразвукових хвиль при їх розповсюдженні у досліджуваному середовищі для формування ідентифікаційних характеристик зразків залізної руди в процесі її видобутку і переробки.

Практичне значення. Використання запропонованого підходу дозволяє оперативно отримати характеристичну інформацію про структурні ознаки мінеральних різновидів залізної руди.

Результати. Як коефіцієнт загасання та швидкість поширення, коефіцієнт зворотного розсіювання є фундаментальною властивістю ультразвуку, що використовується для характеристики багатьох процесів. В даний час існує набагато менше апробованих методів вимірювання зворотного ультразвукового розсіювання, ніж для двох інших параметрів. Вимірювання частотної залежності зворотного розсіювання більш послідовні, ніж вимірювання абсолютної величини. Коли розсіювачі малі порівняно з довжиною хвилі ультразвуку, експериментальні дані про частотно-залежний коефіцієнт зворотного розсіювання, зазвичай узгоджуються з очікуваною поведінкою релеєвського розсіювання (пропорційно до частоти в четвертому ступені). Однак існує велика потреба у стандартизації методів вимірювання цього параметра. Метод статистики огинаючої моделює амплітуду огинаючої прийнятих сигналів за допомогою статистичного розподілу. Метод частотної спектроскопії заснований на аналізі частотного складу сигналів, що змінюється в залежності від розміру та форми поглинаючих структур. Метод кепстрального аналізу використовує частотний склад сигналів з метою оцінки відстані між поглиначами. У поєднанні ці методи можуть використовуватися для оцінки варіацій концентрації та розміру неоднорідностей у досліджуваному середовищі. Існуючі моделі розсіювання ультразвуку дозволяють з інформації, що міститься в спектральній характеристиці розсіяного сигналу, одержати числові параметри, що описують кількість розсіювачів та їхній просторовий розподіл, тобто. охарактеризувати структурні та текстурні особливості досліджуваних зразків. Таким чином, обґрунтування можливості використання параметрів зворотного ультразвукового розсіювання для формування ідентифікаційних характеристик зразків залізної руди в процесі її видобутку та переробки є важливою науково-практичною проблемою, оскільки її вирішення дозволить покращити результати оперативної ідентифікації принаймні основних мінералого-технологічних різновидів залізної руди певного родовища.

Ключові слова: ультразвук, зворотне розсіювання, вимірювання, методи, оцінка.

Morkun V.S., Morkun N.V., Gaponenko A.A., Bobrov Ye.Yu. Analysis of methods for estimating the parameters of the ultrasonic wave backscattering process

Purpose. To analyze methods for estimating the parameters of ultrasonic wave backscattering which propagates in a randomly inhomogeneous medium, to determine the possibility of their use in the procedure of iron ore mineral varieties identification.

Research methods. Methods of analyzing domestic and foreign experience, as well as methods of mathematical statistics and probability theory to form an assessment of the research results.

Scientific novelty lies in the substantiation of the use of the ultrasonic wave backscattering parameters during their propagation in the studied environment to form the identification characteristics of iron ore samples in the process of its extraction and processing.

Practical significance lies in the fact that the use of the proposed approach allows to quickly obtain characteristic information about the structural features of mineral varieties of iron ore.

Results. As attenuation coefficient and propagation velocity, the backscattering coefficient is a fundamental property of ultrasound used to characterize many processes. There are currently much fewer validated methods to measure ultrasonic backscatter than for the other two parameters. Measurements of the frequency dependence of backscattering are more consistent than measurements of the absolute value. When the scatterers are small compared to the ultrasonic wavelength, the experimental data on the frequency-dependent backscattering coefficient is usually in agreement with the expected Rayleigh scattering behavior (proportional to frequency in the fourth power). However, there is a great need for standardization of methods for measuring this parameter. In the practice of ultrasonic measurements, three main approaches are used to analyze the received signals: the method of envelope statistics, the method of frequency spectroscopy and the method of cepstral analysis. The envelope statistics method models the envelope amplitude of the received signals using a statistical distribution. The characteristics of the distribution depend on the physical size, concentration and spatial distribution of the structures located in the sample. The frequency spectroscopy method is based on the analysis of the frequency composition of signals, which varies depending on the size and shape of the absorbing structures. The cepstral analysis method uses the frequency composition of signals to estimate the distance between absorbers. In combination, these methods can be used to estimate the variations in concentration and size of inhomogeneities in the medium under study. Existing ultrasound scattering models allow to obtain numerical parameters describing the number of scatterers and their spatial distribution from the information contained in the spectral characteristic of the scattered signal, i.e. to characterize the structural and textural features of the samples under study. Thus, the justification of the possibility of using the parameters of backscattering ultrasound for the formation of identification characteristics of iron ore samples in the process of its extraction and processing is an important scientific and practical problem, since its solution will improve the results of operational identification of at least the main mineralogical and technological varieties of iron ore of a particular deposit.

Key words: ultrasound, backscattering, measurement, methods, evaluation

УДК 669.24.018.45:621.762.8:004.923

Воденнікова О.С., Коваль М.О., Воденніков С.А. Виготовлення авіаційної деталі «Завихрувач» з жароміцного нікелевого сплаву Inconel 718 за допомогою адитивного виробництва

Мета. Метою роботи є виготовлення («вирощування») деталі «Завихрувач» зі сплаву Inconel 718 за допомогою технології селективного лазерного спікання.

Методи досліджень. Процес адитивного виробництва авіаційної деталі «Завихрувач» характеризувався послідовністю операцій: побудова цифрової 3D-моделі → вибір адитивної технології (технології селективного лазерного спікання) та її реалізація → отримання готової деталі. Побудова цифрової 3D-моделі деталі здійснювалася з використанням програми Unigraphics NX 7.5. Технологія селективного лазерного спікання апробувалася на 3D-принтері типу EOS M400 з використанням в якості вихідних порошкових матеріалів металевих порошків на основі нікелю компанії Sino-Euro Materials Technologies of Xi'an Co., Ltd. («Sino Euro», Китай) та LPW Technology, Ltd («LPW», Великобританія). Дослідні зразки піддавалися операції гарячого ізостатичного пресування з наступною термообробкою відповідно до норм на авіаційно-космічні матеріали ASM 5662M. Хімічний склад сплаву Inconel 718 визначали методом спектрального та хімічного аналізів.

Наукова новизна. Набула подальшого розвитку концепція виготовлення авіаційних деталей зі сплаву Inconel 718 за допомогою технології селективного лазерного спікання з застосуванням тривимірної цифрової моделі (CAD/CAM/CAE-системи).

Практичне значення. Результати досліджень виготовлення деталі «Завихрувач» зі сплаву Inconel 718 за допомогою технології селективного лазерного спікання можуть використовуватися як прототип для виготовлення різних авіаційних деталей, наприклад, деталі «Охолоджуваний сопловий апарат турбіни» як в умовах АТ «Мотор Січ», так і в умовах ДП «Івченко-прогрес».

Результати. Встановлено, що процес виготовлення авіаційної деталі «Завихрувач» з жароміцного нікелевого сплаву Inconel 718 за технологією селективного лазерного спікання характеризуються меншими числом технологічних операцій (зменшуються витрати на оснащення і додаткову механічну обробку) та спрощується прототипування виробів. При цьому виготовлена деталь «Завихрувач» володіє на 12–17 % меншою масою в порівнянні з її металевим аналогом.

Ключові слова: жароміцні сплави, авіаційні деталі, адитивне виробництво, 3D-друк, технологія селективного лазерного спікання, Inconel 718, 3D-модель.

Vodennikova O.S., Koval M.O., Vodennikov S.A. Aircraft aviation part «Swirler» manufacturing from the heat-resistant nickel alloy Inconel 718 using additive manufacturing

Purpose. The aviation part «Swirler» manufacturing from the Inconel 718 alloy using selective laser sintering technology.

Research methods. The process of additive manufacturing of the aircraft aviation part «Swirler» was characterized by a sequence of operations: construction of a digital 3D-model → selection of additive technology, which applied selective laser sintering technology, and its implementation → obtaining the finished spare part methods. The construction of a digital 3D-model of the spare part was carried out using the Unigraphics NX 7.5 program. The technology of selective laser sintering was tested on an EOS M400 type 3D-printer using nickel-based metal powders from Sino-Euro Materials Technologies of Xi'an Co., Ltd. as raw powder materials. («Sino Euro», China) and LPW Technology, Ltd («LPW», UK). The tested samples were subjected to a hot isostatic pressing operation followed by heat treatment in accordance with the standards for aerospace materials ASM 5662M. The chemical composition of the Inconel 718 alloy was determined by the method of spectral and chemical analyses.

Scientific novelty. The concept of manufacturing aircraft spare parts from the Inconel 718 alloy using selective laser sintering technology with the use of a three-dimensional digital model (CAD/CAM/CAE system) has gained further development.

Practical significance. The results of research on the manufacturing of the aviation part «Swirler» from the Inconel 718 alloy using the technology of selective laser sintering can be used as a prototype for the manufacturing of various aviation spare parts, for example, the part «Cooled nozzle apparatus of the turbine» both in the conditions of JSC «Motor Sich» and in the conditions of SE «Ivchenko-Progress».

Results. It was established that the manufacturing process of the aircraft aviation part «Swirler» from the heat-resistant nickel alloy Inconel 718, using the technology of selective laser sintering is characterized by a smaller number of technological operations such as costs for equipment and additional mechanical processing are reduced and prototyping of products, was simplified. At the same time, the manufactured aviation part «Swirler» has 12–17% less weight compared to its metal analogues.

Key words: heat-resistant alloys, aviation parts, additive manufacturing, 3D-printing, selective laser sintering technology, Inconel 718, 3D-model.

УДК 004.4:622.142:622.271

Зеленський О.С., Лисенко В.С. Вдосконалення автоматизованого оконтурювання сортів руд по горизонтах рудних кар'єрів

Мета. Вдосконалення оцінки просторової мінливості вмісту вибраних показників на основі побудови ізоліній, а також виділення рудних тіл з урахуванням встановлених кондицій.

Методи дослідження. Наводиться новий розроблений модуль оконтурювання рудних тіл, що дозволяє оцінити мінливість показників по горизонтах кар'єру. При цьому заданий контур гірничих робіт покривається регулярною інтерполяційною сіткою. По даним інтерполяції будуються три поверхні різними способами: інтерполяційні, каркасні, а також на основі В-сплайнів (NURBS-поверхні). Відносно цих поверхонь формуються ізолінії з заданим кроком. Із сукупності контурів ізоліній вибирається контур по умовам кондицій, який являє собою оконтурювання рудного тіла.

По двом показникам таких контурів будуватиметься два, та їх перетин дозволяє оцінити результуючий контур, який задовольняє вибраним кондиціям по цим двом показникам.

Наукова новизна. Для складно структурних родовищ більш прийнятними моделями побудови поверхонь є інтерполяційні, каркасні та на основі В-сплайну (NURBS-поверхня). З цих моделей найбільш ефективні NURBS-поверхні. Тут при корегуванні вхідних даних змінюється тільки найближча до цих даних область поверхні. NURBS-поверхня є керованою, можна змінити характер проходження поверхні відносно контрольних точок, змінюючи вагу їх впливу, що дозволяє моделювати переходи між сортами руд або між рудним тілом та порожньою породою.

Практична значимість. Авторами багато років розроблялась, вдосконалювалась та впроваджувалась багатомодульна автоматизована система геолого-маркшейдерського забезпечення (ГМЗ). Це повною мірою використовується в оновленому модулі оконтурювання сортів руд по горизонтах рудних кар'єрів. У першому варіанті модуль було впроваджено на підприємстві "Ерденет" (Монголія), що розробляє мідно-молібденове родовище. Новий варіант розроблено для умов залізрудних родовищ. Він наводиться на прикладі Південного гірничо-збагачувального комбінату (АТ «ПВДГЗК»).

Результати. Програмне забезпечення розроблене у середовищі Microsoft Visual Studio 2019 на базі бібліотеки MFC (Microsoft Foundation Classes) з використанням технології ADO (ActiveX Data Object) для обробки баз даних та бібліотеки OpenGL для роботи з 3D-графікою із застосуванням шейдерів, що забезпечує високу оперативність виведення 3D-графіки.

Ключові слова: В-сплайн, NURBS-поверхня, оконтурювання рудних тіл, ізолінії, OpenGL.

Zelensky O.S., Lysenko V.S. Improvement of automated contouring of ore grades along the horizons of ore quarries

Purpose. To improve the assessment of the spatial variability of the content of selected indicators based on the construction of isolines, as well as the selection of ore bodies taking into account the established conditions.

Research methods. A newly developed module for contouring ore bodies is presented, which allows to evaluate the variability of indicators along the career horizons. At the same time, the given contour of mining operations is covered with a regular interpolation grid. Based on the interpolation data, three surfaces are built in different ways: interpolation, frame, and also based on B-splines (NURBS surfaces). Relative to these surfaces, isolines are formed with a given step. From the set of isoline contours, a contour is selected according to the conditions, which is the outline of the ore body. Two such contours are constructed according to two indicators, and their intersection allows to estimate the resulting contour that satisfies the selected conditions according to these two indicators.

Scientific novelty. For complex structural deposits, interpolation, frame and B-spline-based (NURBS-surface) surface construction models are more acceptable. Of these models, NURBS surfaces are the most effective. Here, when adjusting the input data, only the surface area closest to these data changes. The NURBS surface is controllable, it is possible to change the nature of the passage of the surface relative to control points, changing the weight of their influence, which allows you to model transitions between ore grades or between an ore body and empty rock.

Practical significance. For many years, the authors developed, improved and implemented a multi-module automated system of geological and surveying support (GMZ). This is fully used in the updated module for contouring ore grades along the horizons of ore pits. In the first version, the module was implemented at the Erdenet enterprise (Mongolia), which develops a copper-molybdenum deposit. The new variant is developed for the conditions of iron ore deposits. It is given on the example of the Southern Mining and Processing Plant (South GZK).

Results. The software is developed in the Microsoft Visual Studio 2019 environment based on the MFC (Microsoft Foundation Classes) library using ADO (ActiveX Data Object) technology for database processing and the OpenGL library for working with 3D graphics using shaders, which ensures high efficiency of 3D output - graphics.

Key words: B-spline, NURBS-surface, contouring of ore bodies, isolines, OpenGL.

УДК 004:34.06

Ніжегородцев В.О., Петренко Л.М., Грищенко С.М. Цифровізація діяльності правника: аналітично-правова система «ZakonOnline»

Мета. Висвітлення застосування інформаційно-правових систем в юридичній діяльності та огляд можливостей аналітично-правової системи ZakonOnline в сучасній практиці юриста. Цифрові технології, які пронизують усі сфери людської діяльності, не обійшли стороною і юриспруденцію. Розвиток інформаційних технологій в юриспруденції пов'язаний зокрема з використанням інформаційних систем в судочинстві, сфері державного управління, правоохоронних органах, експертній діяльності та інших сферах правової діяльності. Професійний правознавець повинен знати, як можна застосувати інформаційні технології у своїй діяльності, які правові інформаційні системи вже створено та які перспективи їх розвитку та застосування. Електронні технології здатні зіграти помітну роль у модернізації систем правосуддя і юридичних інформаційних систем, при цьому завдання полягає в тому, щоб використати потенціал комп'ютерних технологій з метою трансформування пов'язаних з ними процесів для підвищення їх ефективності й результативності. Сьогодні сучасний ринок юридичних програмних продуктів характеризується значною кількістю інформаційно-правових систем. Одним з ефективних та зручних програмних інструментів в професійній діяльності юриста є аналітично-правова система ZakonOnline.

Методи дослідження. Емпіричні та теоретичні методи, зокрема опис, аналіз, узагальнення програмних продуктів правової сфери діяльності, систематизація завдань та принципів роботи аналітично-правових систем.

Наукова новизна. Запропоновано керівні принципи відбору, обробки, представлення та архівації даних у правових інформаційно-пошукових системах, обґрунтовано доцільність використання аналітично правової системи ZakonOnline в юридичній практиці.

Практична значимість полягає в широкому використанні правових інформаційно-пошукових систем в діяльності правників як державного так і приватного сектору, розглянуто роль комп'ютерних технологій як засобу підтримки процесу управління в державних органах, так і стимулу для перегляду процедур і практики організацій.

Результати. Виокремлені завдання автоматизованих пошукових систем, запропоновані керівні принципи алгоритму роботи інформаційних правових систем, зокрема принципи відбору, обробки, представлення та архівації судових рішень у правових інформаційно-пошукових системах, визначені основні переваги, зручність інтерфейсу та інструментів реалізації запитів користувачів аналітично-правової системи ZakonOnline.

Ключові слова: інформаційна система, право, пошук, технологія, юридична діяльність, інформація, принципи.

Nizhegorodtsev V.O., Petrenko L.M., Hryshchenko S.M. Digitalization of lawyer's activities: analytical and legal system "ZakonOnline"

Purpose. To highlight the use of information and legal systems in legal activities and review the possibilities of the analytical and legal system ZakonOnline in the modern practice of a lawyer. Digital technologies, which permeate all spheres of human activity, have not bypassed jurisprudence either. The development of information technologies in jurisprudence is connected with the use of information systems in the judiciary, the sphere of public administration, law enforcement agencies, expert activity and other spheres of legal activity. A professional jurist should know how information technologies can be applied in his activities, what legal information systems have already been created and what are the prospects for their development and application. Electronic technologies can play a significant role in the modernization of justice systems and legal information systems, while the task is to use the potential of computer technologies in order to transform related processes to increase their efficiency and effectiveness. Today, the modern market of legal software products is characterized by a significant number of information and legal systems. One of the effective and convenient software tools in the professional activity of a lawyer is the analytical legal system ZakonOnline.

Research method. Empirical and theoretical methods, in particular description, analysis, generalization of software products of the legal sphere of activity, systematization of tasks and principles of work of analytical and legal systems. Scientific novelty of the study: guiding principles of selection, processing, presentation and archiving of data in legal information and search systems are proposed, the expediency of using the analytical legal system ZakonOnline in legal practice is substantiated.

Practical significance. The use of legal information and search systems in the activities of lawyers in both the public and private sectors, the role of computer technologies as a means of supporting the management process in state bodies, and an incentive for reviewing the procedures and practices of organizations is considered.

Results. Tasks of automated search systems are singled out, the guiding principles of the algorithm of information legal systems are proposed, in particular the principles of selection, processing, presentation and archiving of court decisions in legal information and search systems, the main advantages are determined, the convenience of the interface and tools for implementing requests users of the analytical and legal system ZakonOnline.

Key words: information system, law, search, technology, legal activity, principles, information.

УДК 336.71

Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В. Ефективність і прибутковість у системі банківського менеджменту

Мета. Удосконалення підходів щодо сутності й оцінки категорій «ефективність» і «прибутковість» відносно діяльності комерційних банків.

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного і логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії.

Наукова новизна. Розглянуто і досліджено такі категорії як «ефективність» (в даному випадку з подальшою конкретикою на економічну ефективність) і «прибутковість» (з подальшою конкретикою до діяльності комерційного банку).

Практична значимість. Практичний і методико-прикладний аспекти ефективності розкриваються і реалізуються через певну систему конкретних показників і критеріїв (кожен суб'єкт господарювання розробляє свою систему показників і критеріїв, тобто під свою специфіку діяльності).

Результати. Зазначено, що ефективність, як категорія, розкриває глибинну сутність цього явища, визначає змістовні й характерні його риси, має свої генезисні ознаки та природу походження. А прибутковість – це підпорядкована ефективності категорія, вона є предметною і конкретною формою прояву ефективності і саме в цьому є її методичне і практичне призначення.

У роботі запропоновано логічний критерій щодо визначення категорії ефекта (економічний ефект) і його двох видів (проміжного економічного ефекту і кінцевого економічного ефекту) та розрахунку на їх основі відповідно проміжної й кінцевої економічної ефективності.

Зазначено, що проміжна економічна ефективність трансформується в конкретні показники з термінологічною назвою «показники доходності», а кінцева економічна ефективність трансформується в конкретні показники прибутковості.

Відносно комерційного банку і категорії «прибутковість» уточнено зміст показників мультиплікатор капіталу, чиста маржа прибутку і прибутковість. Відмічено, що перших два показника за своїм змістом не можуть бути віднесені до групи показників, що характеризують прибутковість комерційного банку.

Ключові слова: ефект, ефективність, доходність, прибутковість, показник, банківський менеджмент

Turilo A.M., A Turilo.A., Korolenko R.V. Efficiency and profitability in bank management

Purpose. Improvement of approaches to essence and estimation of categories «efficiency» and «profitability» in relation to activity of commercial banks.

Research methods. Results and scientific positions in the articles got with the use of generalized results of previous researches, complex analysis and synthesis, logic-structural and logic-dynamic to the analysis, scientifically analytical, comparison and analogies.

Scientific novelty. The categories as «efficiency» (subsequent reality on economic efficiency) and «profitability» are considered and investigational (subsequent reality to activity of commercial bank).

Practical significance. Practical and method-applied aspects of efficiency are identified and realized through the certain system of concrete indexes and criteria, where every subject of management develops the system of indexes and criteria for the specific activity.

Results. It is marked that efficiency as a category exposes deep essence of this phenomenon, determines its content and characteristics, has its genesis and origin. Profitability is a category is inferior efficiency, it is the subject and a display of efficiency and exactly herein is its methodical and practical setting.

A logical criterion is in-process offered in relation to determination of category of effect (economic effect) and has two kinds (intermediate economic effect and eventual economic effect) and calculation on their basis accordingly intermediate and eventual economic efficiency.

It is marked that intermediate economic efficiency is transformed into the indexes of incomes, and eventual economic efficiency is transformed into the indexes of profitability.

A commercial bank and category «profitability» is specified maintenance of indexes cartoonist of capital, clean margin of income and profitability. It is marked, that first two index on the maintenance can not be attributed to the group of indexes which characterize profitability of commercial bank.

Key words: effect, efficiency, income, profitability, index, bank management.

УДК 622.8

Швагер Н.Ю., Нестеренко О. В., Середенко І. А. Аналіз методів навчання безпечному виконанню робіт на підземних роботах в АТ «Кривбасалізрудком»

Мета. Аналіз та розробка методів попередження виробничого травматизму та іновативних засобів навчання гірничих працівників безпечним методам роботи в умовах АТ «Кривбасалізрудком».

Методи дослідження. У статті використано загальнонаукові методи дослідження. За основу при проведенні дослідження було покладено системний підхід. Проаналізовано причинно-наслідковий зв'язок виробничого травматизму та навчання персоналу безпечним методам роботи. Встановлено, що такі порушення, частково, пов'язані із низькими знаннями та з недостатньою ефективністю методів навчання безпечному веденню гірничих робіт, які не повною мірою враховують вплив порушень правил безпеки на динаміку ризиків травматизму, та недосконалість засобів, які використовуються в оперативному контролі трудової діяльності гірників на всіх стадіях виробничого процесу.

Наукова новизна. Виходячи з аналізу виробничого травматизму залежно від стажу роботи в АТ «Кривбасалізрудком» був визначений період протягом якого доцільно здійснювати навчання гірників стійким навичкам трудовий діяльності.

Практична значимість. Для набуття стійких навичок виконання робіт запропоновано метод навчання персоналу з використанням техніки візуалізації кінематики рухів гірників при виконанні заданої роботи та порівняння отриманих результатів з «еталонною» моделлю. Для професії прохідника було визначено найважливіші з позиції біомеханіки елементи професійної діяльності наприклад, зачистка лунки (канавки) під встановлення стійки рамного кріплення.

Результати. Проведено аналіз травматизму на АТ «Кривбасалізрудком». Встановлено що, в цілому, виробничий травматизм, не зважаючи на заходи попередження, присутній, знаходиться у незадовільному стані і потребує додаткових заходів для його недопущення. Проаналізовано системи навчання з охорони праці працівників на підземних роботах. Показано, що на даний момент система навчання має інформаційний характер і не містить елементів відпрацювання навичок виконання конкретних технологічних операцій. Водночас існуючі програми дозволяють тільки підвищити освітній рівень персоналу та не призначені для використання при відпрацюванні практичних навичок безпечних прийомів праці. Запропоновано для навчання та контролю необхідних навичок безпечного виконання основних робіт використання техніки візуалізації кінематики рухів.

Ключові слова: виробничий травматизм, аналіз, навчання персоналу, безпека праці, кінематика руху, біомеханіка, контроль.

Shwager N. Yu, Nesterenko O.V., Seredenko I. A. Analysis of study methods for safe implementing underground works in «Kryvbasalizrudkom».

Purpose. To analyze and develop methods of preventing industrial injuries and innovative means of training miners in safe working methods in the conditions of «Kryvbasalizrudkom».

Research methods. The article uses general scientific research methods. The research was based on a systematic approach. The cause-and-effect relationship between industrial injuries and the training of personnel in safe work methods was analyzed. It was established that such violations are partly related to low knowledge and insufficient effectiveness of training methods for the safe mining operations, which do not fully take into account the impact of violations of safety rules on the dynamics of injury risks, and the imperfection of the means used in operational control of labor activities miners at all stages of the production process.

Scientific novelty. Based on the analysis of industrial injuries depending on the work experience at «Kryvbasalizrudkom», a period was determined during which it is expedient to train miners in sustainable labor skills.

Practical significance. In order to acquire stable work performance skills, a method of personnel training is proposed using the technique of visualizing the kinematics of miners' movements when performing the given work and comparing the obtained results with the «reference» model. The most important professional activity from the point of view of biomechanics were determined for the profession of a pathfinder like cleaning a hole (groove) for the installation of a frame mounting post.

Results. An injury analysis was conducted at «Kryvbasalizrudkom». It was established that industrial injuries regardless of prevention measures are present, are in an unsatisfactory state and require additional measures to prevent them. The training systems for labor protection of workers in underground works were analyzed. It is shown that at the moment the training system is informational in nature and does not contain elements of practicing the skills of performing specific technological operations. At the same time, the existing programs allow only to increase the educational level of the personnel and are not

intended for use in practicing the practical skills of safe work techniques. It is proposed to use the technique of visualizing the kinematics of movements to teach and control the necessary skills for the safe performance of basic work.

Key words: production traumatism, analysis, studies of personnel, safety of labor, kinematics of motion, biomechanics, control.

УДК 621.311

Осадчук Ю.Г., Савицький О.І., Купін А.І., Шерстньов Ю.В. Підвищення якості напруги живлення підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів

Мета роботи. Обґрунтування застосування нових підходів до підвищення якості напруги живлення та струму підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів, а також поліпшення комутаційних процесів включення, відключення ФКУ.

Методи досліджень. Виконано технологічний аудит підвищення ефективності напруги живлення підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів. Проведено лабораторні експериментальні дослідження, електронне моделювання, а також теоретичний аналіз та узагальнення результатів досліджень за стандартними та новими методиками. В результаті проведено моделювання у програмному забезпеченні MatlabSimulink увімкнення та вимкнення компенсуючих пристроїв на підстанціях з метою визначення їх негативного впливу на параметри мережі та життєвий цикл комутаторів.

Наукова новизна. Виконано моделювання та розглянуті різні варіанти комутації конденсаторних установок ФКУ з метою оцінки їх негативного впливу на мережу живлення. Запропоновані методи корекції параметрів потужності ФКУ, які забезпечують мінімальну плату підприємства за реактивну потужність з урахуванням реальних режимів навантаження споживачів.

Практична значимість. Для поліпшення якості параметрів мережі найчастіше застосовуються ФКУ, що виконують функцію компенсації реактивної потужності і фільтрації складових гармонійних параметрів електромережі. Комутація конденсаторних установок часто призводить до виникнення значних завищень напруги та струму і зменшення їх життєвого циклу, що призводить до додаткових збитків. Тому вивчення роботи ФКУ для підвищення якості напруги підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів - важливе наукове та практичне завдання.

Результати. Наведено основні наукові та практичні результати при обґрунтуванні підвищення якості напруги і струму підстанцій гірничо-збагачувальних комбінатів. В результаті моделювання визначено раціональний момент, з урахуванням інерційності вимикачів, перемикання конденсаторних установок, що забезпечує найкращі показники параметрів мережі. Цей момент – момент переходу графіка фазного струму через нуль при найменшому можливому навантаженні. При цьому знижується вплив вищих гармонійних на параметри живлячої мережі та збільшується життєвий цикл комутаторів.

Ключові слова: гірничо-збагачувальні комбінати, мережі живлення, якість параметрів електромережі, енергоефективність.

Osadchuk Yu.G., Savytsky O.I., Kupin A.I., Sherstnirov Yu.V. Enhancement of the voltage supply quality of substations at mining and processing plants

Purpose. To substantiate application of new approaches to enhance the quality of voltage supply and current of substations at mining and processing plants along with improvement of switching-on/off processes of the filter compensating device.

Research methods. There is performed a technological audit of enhancement of voltage supply efficiency of substations at mining and processing plants. The results of experimental researches are analyzed and generalized applying new and standard techniques. Based on the obtained results of switching-on/off processes of the filter compensating device are simulated applying MatlabSimulink to determine their negative effect on the power grid parameters and switchers life cycle.

Scientific novelty. Various options of switching capacitor units of filter compensating devices (FCD) are simulated and considered to evaluate their negative effect on the power network. Methods of correcting FCD power parameters are suggested to provide the enterprise's minimum payment for reactive power considering consumers' actual loading modes.

Practical significance. To enhance the quality of power network parameters, filter compensating devices are widely used to compensate for the reactive power and filter components of harmonic parameters of the power network. Switching of capacitor units often leads to significant voltage and current exceeding and their life cycle reduction resulting in additional losses. Therefore, examination of the filter compensating devices operation to enhance the quality of voltage supply of substations at mining and processing plants is of great scientific importance and practical value.

Results. The work presents main scientific and practical results to substantiate the enhancement of the voltage supply and current of substations at mining and processing plants. Simulation enables determining a rational moment considering the inertia of the switchers, capacitor unit switching that provides the best of power grid parameters. This moment denotes the phase current graph crossing zero at the lowest possible load. At the same time, the effect of the higher harmonics on power network parameters reduces and the life cycle of the switchers increases.

Key words: mining and processing plants, power network, quality of power network parameters, energy efficiency

УДК 330.865

Турило А.М. Фінансово-економічна діяльність підприємства в аспекті менеджменту, оцінки і термінів

Мета. Обґрунтування сутності та надання термінологічного обґрунтування таким видам діяльності і управління підприємством як «фінансово-економічна діяльність підприємства» і «фінансово-економічний менеджмент підприємства».

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного і логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. У даній роботі представлено авторський підхід на певні важливі аспекти фінансово-економічної діяльності підприємства а саме: на обґрунтування термінів і сутності різних видів менеджменту на підприємстві (фінансового, економічного, фінансово-економічного); на обґрунтування термінів і сутності різних видів стану підприємства в процесі його розвитку (фінансовий стан, економічний стан, фінансово-економічний стан); на обґрунту-

вання терміну та сутності фінансово-економічної діяльності підприємства; на обґрунтування підходів щодо розкриття сутності та термінологічного визначення таких процесів на підприємстві, як фінансова безпека, економічна безпека, фінансово-економічна безпека.

Практична значимість. Надано загальне тлумачення термінів «фінансова діяльність підприємства», «економічна діяльність підприємства», «фінансово-економічна діяльність підприємства» і визначено критерії відмінності між ними за сумісними ознаками.

Результати. У статті відзначається, що існують у науковій і навчальній літературі праці різних авторів, які присвячені окремим видам (напрямам) діяльності підприємства в ринковій економіці. Наприклад, у навчальній та науковій літературі виділяємо такі навчальні підручники (або навчальні посібники) і наукові праці як економіка підприємства і фінанси підприємств, економічний аналіз і фінансовий аналіз, фінансова безпека і економічна безпека тощо.

Звідсіля авторський висновок про аналогічний підхід і для таких аспектів управління діяльністю підприємства, як фінансовий і економічний менеджмент.

У роботі представлено методологію визначення базових видів діяльності підприємства (економічної, фінансової, фінансово-економічної діяльності підприємства).

Ключові слова: фінансова діяльність, менеджмент, оцінка, категорія, фінансово-економічний менеджмент, обґрунтування

Turilo A.M. Financial and economic activity of an enterprise in terms of management, evaluation and terminology

Purpose. To substantiate the essence and provide terminological justification for such types of activity and management of an enterprise as "financial and economic activity of an enterprise" and "financial and economic management of an enterprise".

Research methods. The results and scientific provisions presented in the article were obtained using the generalisation of the results of previous studies, comprehensive analysis, and synthesis, logical-structural and logical-dynamic analysis, scientific-analytical, comparison and analogy, etc.

Scientific novelty. This paper presents the author's approach to certain important aspects of the financial and economic activities of the enterprise, namely: to substantiate the terms and essence of different types of management at the enterprise (financial, economic, financial and economic); to substantiate the terms and essence of different types of the enterprise's state in the process of its development (financial state, economic state, financial and economic state); to substantiate the term and essence of the financial and economic activities of the enterprise; to substantiate approaches to disclosing the essence and

Practical significance. A general interpretation of the terms "financial activity of enterprise", "economic activity of enterprise", "financial and economic activity of enterprise" is provided and the criteria for distinguishing between them by compatible features are determined.

Results. There are works by various authors in the scientific and educational literature which are devoted to certain types (areas) of enterprise activity in a market economy. In the educational and scientific literature, we distinguish such textbooks (or manuals) and scientific works as enterprise economics and enterprise finance, economic analysis and financial analysis, financial security and economic security. Hence the author's conclusion about a similar approach for such aspects of enterprise management as financial and economic management.

The paper presents a methodology for determining the basic types of enterprise activities (economic, financial, financial and economic activities of an enterprise).

Key words: financial activity, management, assessment, category, financial and economic management, justification

УДК 669.162:669.013

Воденнікова О.С., Воденніков С.А., Бондаренко Я.В. Аналіз заходів з модернізації спікального відділення агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Мета. Метою роботи є оцінка впливу вдосконалення технології спікання агломерату в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» на підвищення якості агломерату для подальшого використання у доменному виробництві.

Методи досліджень. Дослідження хімічного складу компонентів агломераційної шихти та готового агломерату проводили за допомогою хімічного аналізу. Визначення гранулометричного складу компонентів шихти проводили методом розсіювання згідно з ДСТУ ISO 4701:2019. Визначення вмісту загального заліза проводили згідно з ДСТУ 8811.1:2018. Вологість компонентів агломераційної шихти визначали згідно з ДСТУ Б В.2.7-250:2011. Міцність агломерату визначали механічним методом згідно з ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Температуру агломерату, що спікається, визначали за допомогою вольфрам-молібденової термопар. Обробку експериментальних даних співвідношення температури повітря в зоні спікання від температури агломерату, що спікається, проводили в програмі Excel.

Наукова новизна. Показані можливості збільшення продуктивності агломераційного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» з 3,95 до 5,6 млн.т/рік агломерату за рахунок модернізації спікального відділення, зокрема капітального ремонту агломераційної машини №7, використання резервів існуючої технології спікання агломерату та обладнання: встановлення нового інтенсивного змішувача, піддозування твердого палива, застосування двостадійного грохочення, вдосконалення зони охолодження, вдосконалення процесу газоочищення технологічних газів та аспірації основних вузлів пиловидалення.

Практичне значення. Результати пошуку заходів з модернізації спікального відділення агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» можуть бути корисними при плануванні модернізації агломераційних фабрик провідних металургійних підприємств України (наприклад, при капітальному ремонті агломераційних машин ПАТ «Запоріжсталь»).

Результати. Запропоновано заходи з модернізації спікального відділення агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», які дозволяють підвищити продуктивність агломераційної машини №7 до 933,372 тис.т/рік агломерату, знизити вміст дрібниці в агломераті до 8 %, знизити витрату твердого палива до 20 % та збільшити термін експлуатації устаткування – роторів екстаустера та спікальних візків з колосниками.

Ключові слова: агломерат, агломераційна машина, агломераційна фабрика, екологічна модернізація, спікальне відділення, технологія спікання агломерату

Vodennikova O.S., Vodennikov S.A., Bondarenko Ya.V. Analysis of measures for the modernization of the sintering department of agglomeration factory PJSC «Kamet-Steel»

Purpose. To assess the impact of improving the agglomerate sintering technology under the conditions of PJSC «Kamet-Steel» on improving the quality of agglomerate for further use in blast furnace production.

Research methods. The study of the chemical composition of the components of the sintering charge and the finished agglomerate was carried out using chemical analysis. Determination of the granulometric composition of the components of the charge was carried out by the scattering method according to DSTU ISO 4701:2019. Determination of total iron content was carried out in accordance with DSTU 8811.1:2018. The moisture content of the components of the sintering charge was determined according to DSTU B V.2.7-250:2011. The strength of the agglomerate was determined by the mechanical method according to DSTU B V.2.7-220:2009. The temperature of the sintering agglomerate was determined using a tungsten-molybdenum thermocouple. Processing of experimental data of the ratio of air temperature in the sintering zone to the temperature of the sintering agglomerate was carried out in the Excel program.

Scientific novelty. The possibilities of increasing the productivity of the sintering workshop of PJSC «Kamet-Steel» from 3.95 to 5.6 million tons/year of agglomerate due to the modernization of the sintering department, in particular the overhaul of the sintering machine No. 7, the use of reserves of the existing agglomerate sintering technology and equipment: installation of a new intensive mixer, under-dosing of solid fuel, application of two-stage screening, improvement of the cooling zone, improvement of the gas purification process of process gases and aspiration of the mass in dust removal units.

Practical significance. The results of the search for measures to modernize the sintering department of the PJSC «Kamet-Steel» sintering factory can be useful in planning the modernization of the sintering factories of the leading metallurgical enterprises of Ukraine. It is possible, for example, when overhauling the sintering machines of PJSC «Zaporizhstal».

Results. Measures to modernize the sintering department of the PJSC «Kamet-Steel» sinter factory are proposed, which allow to increase the productivity of sinter machine No. 7 to 933.372 thousand tons/year of agglomerate, to reduce the content of fines in the agglomerate to 8 %, to reduce the consumption of solid fuel to 20 %, and to increase the term operation of the equipment – exhaustor rotors and storage carts with grates.

Key words: agglomerate, sintering machine, sintering factory, ecological modernization, sintering department, agglomerate sintering technology

УДК 622.684: 622.271

Пахомов В.І., Гірін І.В., Малка В.В. Дослідження та ефективність енергозберігальних технологій на кар'єрному автотранспорті

Мета. Основною метою роботи є підвищення ефективності експлуатації технологічного автотранспорту глибоких кар'єрів шляхом застосування паливно-мастильних матеріалів з поліпшеними експлуатаційними властивостями.

Методи дослідження. У роботі використаний комплекс наукових методів досліджень, що включає: наукове узагальнення та техніко-економічний аналіз досвіду розробки залізничних кар'єрів, формування та експлуатації транспортних систем, математичні і логічні методи диференціального обчислення під час обґрунтування оптимальних ухилів транспортних комунікацій, енергетичний аналіз щодо енергоємності різних видів транспорту; Крім того використано приватні методи інтерпретації, програмно-цільовий аналіз, аксіоматичний та гіпотетичний методи.

Наукова новизна. Наукова цінність роботи полягає у: розвитку методу енергетичної оцінки різних видів кар'єрного транспорту, що базується на встановлених залежностях питомих енерговитрат на підйом гірничої маси від якості паливно-мастильних матеріалів, поліпшених з використанням методу електрофізичного впливу; створенні системи автоматизованих розрахунків енергетичних показників технологічного автотранспорту; розробці методичних засад оцінки та формування якості паливно-мастильних матеріалів для кар'єрних самоскидів, а також вибору оптимальної моделі для екстремальних умов експлуатації; класифікації технологічних параметрів паливних матеріалів, що дозволяє при експлуатації вибирати раціональні моделі автотранспортного обладнання, забезпечуючи необхідні їх експлуатаційні якості; озброєні методології проведення складних та трудомістких експериментальних досліджень автосамоскидів особливо великої вантажопідйомності із застосуванням новітньої апаратури, яка дозволяє комплексно оцінити вплив зовнішніх факторів на екологічність машин та розробити конкретні заходи щодо зниження їх негативного впливу.

Практична значимість. Використання результатів досліджень дозволяє: оптимізувати експлуатаційні показники різних видів транспорту за глибиною кар'єрів та скоротити енерговитрати на транспортування гірничої маси; забезпечувати автоматизоване вирішення завдань аналізу, планування та нормування енергетичних показників технологічного автотранспорту глибоких кар'єрів; приймати науково обґрунтовані рішення на стадії проектування, що забезпечують енергетично ефективну роботу транспортних систем глибоких кар'єрів

Результати. За результатами досліджень і економічного аналізу дана оцінка ефективності різних енергозберігаючих технологій для кар'єрного автотранспорту з використанням на найближчу перспективу і в майбутньому

Ключові слова: паливна економічність, ефективність експлуатації, кар'єрний автосамоскид

Pakhomov V.I., Hirin I.V., Malka V.V. Research and effectiveness of energy-saving technologies in mining vehicles

Purpose. To increase the efficiency of the operation of technological vehicles of deep quarries by using fuel and lubricant materials with improved operational properties.

Research methods. The work uses a complex of scientific research methods, which includes: scientific generalization and technical and economic analysis of the experience of development of iron ore pits, formation and exploitation transport systems; mathematical and logical methods of differential calculation for the justification of optimal slopes of transport communications; energy analysis of the energy intensity of various types of transport. In addition, specific methods of interpretation, program-target analysis, axiomatic and hypothetical methods were used.

Scientific novelty. The development of the method of energy assessment of various types of career transport, based on established dependences of the specific energy consumption for the lifting of the mining mass on the quality fuel and lubricant materials, which are improved using the method of electrophysical influence; the creation of the system of automated calculations of energy indicators of technological vehicles; the development of methodological principles of evaluation and formation of the quality of fuel and lubricant materials for quarry dump trucks, as well as the selection of the optimal models for extreme operating conditions; the classification of technological parameters of fuel materials, which allows to choose rational models of motor vehicle equipment during operation, ensuring their necessary operating conditions qualities; the developed methodologies for conducting complex and time-consuming experimental studies of dump trucks especially large carrying capacity with the use of the latest equipment, which allows a comprehensive assessment of the impact external factors on the environmental friendliness of machines and develop specific measures to reduce their negative impact.

Practical significance. The exploitation of research results allows: to optimize operational indicators of different types of transport according to the depth of pits and reduce energy costs for transporting mining mass; to provide an automated solution to the tasks of analysis, planning and normalization of energy indicators of technological transport of deep pits; to make scientifically based decisions at the design stage, which ensure energy-efficient operation of transport systems of deep pits.

Results. Based on the results of research and economic analysis, it is given an assessment of the effectiveness of various energy-saving products of technologies for career vehicles with use in the short-term and long-term future.

Key words: fuel efficiency, operational efficiency, career dump truck.

УДК 368.023

Брадул О.М., Юнацький М.О., Ігнатова А.Ю. Результати впровадження інновацій в Інтернет-страхуванні України

Мета. Розгляд змісту «інтернет-страхування» та його ролі у розвитку фінансових технологій на ринку страхових послуг.

Методи дослідження. У роботі використовувалися загальнонаукові методи дослідження, методи теоретичного аналізу та логічного узагальнення в процесі дослідження значення терміну «інтернет-страхування», аналізу та синтезу, змістовно-порівняльний, наукова абстракція, експертних оцінок, економіко-статистичний, аналогій та аналізу при визначенні та характеристичі проблемних питань «інтернет-страхування».

Наукова новизна. Розглянуто визначення нового елементу організації діяльності страхових компаній – «інтернет-страхування» та віртуальний офіс. Розглянуто відмінності в роботі страхової компанії при он-лайн та оф-лайн страхуванні.

Практична значимість. У статті розглянуті функції страхових компаній, сформовано SWOT-таблицю сильних та слабких сторін «інтернет-страхування», розглянуті фактори, які треба усунути, для того, щоб підвищити рівень довіри серед клієнтів. Досліджено зміни кількості страхових компаній під час епідемії COVID-19 в Україні. Визначено функції віртуального офісу страхової компанії при «інтернет-страхуванні». Розглянута проблематика функціонування інтернет-страхування. сформовані чинники, що стримують розвиток Інтернет-страхування в Україні, а саме: низький рівень доходів страхувальників; незначна питома вага Інтернет-користувачів в порівнянні з провідними країнами світу; слабкі рівні фінансової грамотності населення та забезпечення електронних платіжних систем в Україні; недовіра до веб-сайтів і низький рівень страхової культури населення. Визначено переваги використання віртуального офісу та «інтернет-страхування» для клієнтів та самої страхової компанії, головним з яких економія часу для ознайомлення з послугами та підписання договору страхування а також зниження транзакційних витрат для страхової компанії за рахунок зменшення площі використовуваних офісних приміщень та кількості штатних працівників. Зазначено види послуг страхової компанії при яких використання «інтернет-страхування» неможливо. Сформовано маркетингові поради, щодо поліпшення функціонування інтернет-послуг страхової компанії.

Результати. У даній статті досліджено сутність категорії «інтернет-страхування» та його ролі у змінах фінансових технологій на ринку страхових послуг.

Ключові слова: інтернет, страхування, страхова компанія, страхові послуги, ринок страхових послуг, електронний поліс.

Bradul O.M, Yunatsky M.O, Ignatova A.Yu.. Results of innovations introduction in Internet insurance of Ukraine

Purpose. Consider the content of "Internet insurance" and its role in the development of financial technologies in the insurance market.

Research methods. The paper used general scientific research methods, methods of theoretical analysis and logical generalization in the study of the meaning of the term "Internet insurance", analysis and synthesis, content-comparative, scientific abstraction, expert assessments, economic statistics, analogies and analogies in identifying and characterizing problematic issues of "Internet insurance".

Scientific novelty. The definition of a new element of the organization of insurance companies - "online insurance" and a virtual office is considered. The differences in the work of the insurance company in online and offline insurance are considered.

Practical significance. The article considers the functions of insurance companies, formed a SWOT-table of strengths and weaknesses of "Internet insurance", discusses the factors that need to be addressed in order to increase the level of trust among customers. Changes in the number of insurance companies during the COVID-19 epidemic in Ukraine have been studied. The functions of the virtual office of the insurance company in "online insurance" are defined. The problems of functioning of Internet insurance are considered. formed factors that hinder the development of Internet insurance in Ukraine, namely: low income of insured persons; insignificant share of Internet users in comparison with the leading countries of the world; weak levels of financial literacy of the population and provision of electronic payment systems in Ukraine; distrust of websites and low level of insurance culture of the population. The benefits of using a virtual office and "online insurance" for customers and the insurance company, the main of which saves time to familiarize with services and signing an insurance contract and reduce transaction costs for the insurance company by reducing the use of office space and staff . The types of

services of the insurance company for which the use of "online insurance" is impossible are indicated. Marketing tips have been formed to improve the functioning of the insurance company's Internet services.

Results. This article examines the essence of the category of "Internet insurance" and its role in changes in financial technologies in the insurance market.

Key words: internet, insurance, insurance company, insurance services, insurance services market, electronic policy.

УДК 004.78

Хруцький А.О., Горбачов Ю.Г., Громадський А.С., Громадський В.А., Ліфенцов О.С. Методика створення віртуальних лабораторних стендів при підготовці фахівців з галузевого машинобудування

Мета. Розробка методики формування лабораторних робіт з використанням віртуальних засобів навчання та стендів в освітніх середовищах для студентів-механіків.

Методи дослідження. Аналіз та узагальнення досвіду відомих досліджень та розробок з впровадження віртуальних лабораторних практикумів у навчальний процес.

Наукова новизна. Розглянуто можливості застосування у навчальному процесі віртуальних лабораторних стендів, особливості їх реалізації, основні переваги та недоліки. Виокремлено наступні типи лабораторних робіт та відповідних віртуальних стендів, що можуть використовуватися у цих роботах: лабораторні роботи репродуктивного характеру, присвячені вивченню конструкцій вузлів обладнання, використовують твердотільні моделі вузлів гірничих машин, розміщені на веб-сторінці з можливістю їх певного аналізу; лабораторні роботи частково пошукового характеру, які мають більший ухил у бік дослідження процесів, що протікають під час роботи гірничих машин, використовують імітаційні віртуальні стенди, що моделюють робочі процеси гірничих машин, що дозволяють здійснити експериментальну перевірку формул, методик розрахунку, встановлення та підтвердження закономірностей, встановлення властивостей речовин, спостереження розвитку явищ або процесів, визначення оптимальних параметрів робочих процесів за заданими вихідними даними тощо; лабораторні роботи пошукового характеру, що також використовують імітаційні віртуальні стенди, за допомогою яких здобувачі проводять дослідження та знаходять залежності між вхідними та вихідними параметрами модельованого процесу. Визначено можливі шляхи реалізації таких віртуальних стендів.

Практична значимість. Наведено загальну схему створення віртуальних лабораторних практикумів, згідно з якою об'єкти навчання (машини, що розглядаються у межах певної спеціальності) з точки зору навчання може бути представлений у вигляді опису конструкції, твердотільної та математичної моделей. Ґрунтуючись на цих описах, твердотільних та математичних моделях розробляються віртуальні лабораторні стенди, що можуть бути використані у лабораторних роботах під час вивчення різноманітних дисциплін. Розроблено послідовність підготовки лабораторних робіт з використанням віртуального стенду.

Результати. Розроблено методику формування віртуальних лабораторних практикумів для студентів-механіків. Досліджено засоби реалізації віртуальних лабораторних робіт репродуктивного, частково пошукового та пошукового характеру. У подальшому планується проведення досліджень щодо реалізації окремих віртуальних лабораторних стендів для інженерних дисциплін.

Ключові слова: лабораторні роботи, віртуальний лабораторний стенд, ефективність освітнього процесу, віртуальний тренажер, самостійне навчання, дистанційне навчання

Khrutskiy A.O., Gorbachov Yu.G., Gromadskiy A.S., Gromadskiy V.A., Lifentsov O.S. Methods of creating virtual laboratory stands for the industrial machinery engineering specialists training

Purpose. Development of a methodology for the formation of laboratory works using virtual teaching aids and stands in educational environments for mechanical students.

Research methods. Analysis and generalization of the evidence of well-known researches and developments on the implementation of virtual laboratory practicums in the educational process.

Scientific novelty. The possibilities of using virtual laboratory stands in the educational process, the features of their implementation, the main advantages and disadvantages are considered. The following types of laboratory works and corresponding virtual stands that can be used in these works are distinguished: laboratory works of a reproductive nature, devoted to the study of the constructions of equipment nodes, use solid-state models of mining machine nodes, placed on a web page with the possibility of their specific analysis; laboratory works of a partly exploratory nature, which have a greater bias towards the study of the processes occurring during the operation of mining machines, use simulation virtual stands that simulate the working processes of mining machines, which allow to carry out experimental verification of formulas, calculation methods, establishment and confirmation of regularities, establishing the properties of substances, observing the development of phenomena or processes, determining the optimal parameters of work processes according to the given initial data, etc.; exploratory laboratory works that also use simulation virtual stands, with the help of which applicants conduct research and find dependencies between input and output parameters of the simulated process. Possible ways of implementing such virtual stands have been determined.

Practical significance. A general scheme for creating virtual laboratory workshops is given, according to which objects of learning (machines considered within a certain specialty) from the point of view of learning can be presented in the form of a description of the structure, solid-state and mathematical models. Based on these descriptions, solid-state and mathematical models, virtual laboratory stands are developed that can be used in laboratory work during the study of various disciplines. The sequence of preparation of laboratory work using a virtual stand has been developed.

Results. The method of forming virtual laboratory practicum for mechanical students has been developed. The means of implementing virtual laboratory works of a reproductive, partially exploratory and exploratory nature have been studied. In the future, it is planned to carry out research on the implementation of separate virtual laboratory stands for engineering disciplines.

Key words: laboratory work, virtual laboratory stand, efficiency of educational process, virtual simulator, independent learning, distance learning

УДК: 622.03:628.511:614.838.12:622:349.5

Гурін А.О., Шаповалов В.А. Оцінка технологій і технічних засобів для використання феномену природного бішофіту в галузі екології та гірничорудній промисловості

Мета. Оцінка технологій та технічних засобів для використання феномену водного розчину природного бішофіту в галузі екології та гірничорудній промисловості з урахуванням застосування РПБ при вибухових роботах, для попередження змерзання гірської маси у вагонах і ожеледиці на автошляхах у кар'єрах, для боротьби з виділенням пилу при транспортуванні гірської маси залізничним транспортом, при масових вибухах у кар'єрах, на кар'єрних автошляхах і на хвостосховищах.

Методи дослідження. Під час вивчення, систематизації та узагальнення технологій і технічних засобів використання РПБ використано аналіз досліджень і публікацій, результати промислових та експериментальних досліджень на полігонах за стандартними та новими методиками за участю авторів та провідних фахівців у цій галузі.

Наукова новизна. Наведено основні наукові, практичні та соціальні результати оцінки технологій та технічних засобів для використання феномену водного розчину природного бішофіту (РПБ) в галузі екології та гірничорудній промисловості.

Практична значимість. Розроблено та впроваджено технологію запобігання зимовій слизькості на кар'єрних автомобільних шляхах з використанням РПБ. Наведено рекомендації щодо боротьби з виділенням пилу при транспортуванні гірської маси залізничним транспортом, при масових вибухах у кар'єрах, на кар'єрних автошляхах і на хвостосховищах ГЗК, із застосуванням РПБ та бітумної емульсії, що дозволяють ефективно закріплювати пилові поверхні від здування пилу.

Результати. При використанні РПБ замість води при вибухових роботах у кар'єрах зменшуються витрати ВР у 1,4 – 1,5 рази та знижуються викиди шкідливих газів під час вибухів на 20 – 30%. На підземних гірничих роботах при заміні води на РПБ для зволоження гранул ВР знижуються виділення газів при масовому вибуху у шахті в 1,3 – 1,4 рази. Для запобігання змерзання або примерзання гірської маси до внутрішньої поверхні відкритих вагонів при транспортуванні на морозі, здійснюється профілактична обробка внутрішньої поверхні залізничних вагонів РПБ. Для попередження ожеледиці на автошляхах у кар'єрах здійснюється попередня їх обробка РПБ.

Ключові слова: розчин природного бішофіту, вибухові роботи, змерзання гірської маси, слизькість кар'єрних автошляхів, транспортування гірської маси, виділення пилу, хвостосховище, екологія

Gurin A.O., Shapovalov V.A. Research and development of technologies and technical means for using natural phenomenon bishofite of ecology and industry

Purpose. Assessment of technologies and technical means for the using of the phenomenon of an aqueous solution of the natural bischofite in the field of ecology and the mining industry, taking into account the use of solution of the natural bischofite during blasting operations, to prevent of the freezing of rock mass in wagons and ice on highways in quarries, to combat the release of dust during transportation of rock mass by railway transport, during mass explosions in quarries, on quarries highways and at tailings storage facilities.

Research methods. During the studying, systematization, and generalization of technologies and technical means of using solution of the natural bischofite, was used the analysis of research and publications, the results of industrial and experimental research at landfills, using standard and new methods with the participation of authors and leading specialists in this field were used.

Scientific novelty. The main scientific, practical and social results of the evaluation of technologies and technical means for the using of the phenomenon of aqueous solution of natural bischofite in the field of ecology and mining industry are presented.

Practical significance. The technology to prevent winter slippage on quarry roads using solution of the natural bischofite has been developed and implemented. Recommendations are given for combating the release of dust during the transportation of rock mass by rail, during the mass explosions in quarries, on quarry highways, and at tailings storage facilities of GZK, using solution of the natural bischofite and bituminous emulsion, which allow to effectively fix dusty surfaces from dust blowing.

Results. When using solution of the natural bischofite instead of water during blasting operations in quarries, the natural bischofite costs are reduced by 1.4-1.5 times and emissions of harmful gases during blasting are reduced by 20-30%. In underground mining operations, when water is replaced with solution of the natural bischofite for moistening natural bischofite granules, the release of gases during a mass explosion in the mine is reduced by 1.3-1.4 times. To prevent the freezing of the rock mass to the inner surface of the open wagons during transportation in the frost, preventive treatment of the inner surface of solution of the natural bischofite railway wagons is carried out. In order to prevent ice on highways in quarries, they are pre-treated with solution of the natural bischofite.

Key words: solution of natural bischofite, explosive works, freezing of rock mass, slipperiness of quarry highways, transportation of rock mass, dust release, tailings storage facility, ecology.

УДК 681.518

Кіановський М.В., Кіановська Н.М. Вибір математичних моделей для ідентифікації та локалізації дефектів об'єктів експлуатації

Мета. Головною метою проведеного дослідження було вирішення задач адаптивного управління ресурсом машини на основі використання у реальному часі з формуванням гнучких регламентів обслуговування, об'єм і зміст яких адекватний технічному стану механізму.

Методи дослідження. Для вирішення цього завдання використано методи ідентифікації дефектів, прогнозування динаміки зміни технічного стану обладнання та практичного використання програм адаптивного керування надійністю обладнання «за станом», методи обробки випадкових процесів і математичної статистики, а також, аналіз літературних і патентних джерел, наукове узагальнення раніше виконаних досліджень.

Наукова новизна. Показано, що вибір методів ідентифікації дефектів потрібно виконувати з врахуванням рівня їх достовірності і наявних недоліків і переваг практичного застосування.

Практична значимість. Мета дослідження досягається шляхом поєднання методів ідентифікації дефектів складних об'єктів та локалізації їх розташування у реальному часі у програмах експлуатації з метою вибору найбільш придатних для діагностичного моніторингу конструктивно цільних систем з наявністю певної множини близько розташованих типових конструктивно подібних елементів, при умові безрозбірної ідентифікації у режимі реального часу його технічного стану і без виводу з експлуатації, що створить умови адекватності у визначенні регламентів та змісту технічного обслуговування та ремонту (ТОiP). Проведені дослідження і їх результати забезпечують теоретичне обґрунтування застосування і технічної реалізації спрощених алгоритмів діагностичної локалізації дефектів технічного стану, що сприяє підвищенню ефективності процесів експлуатації.

Результати. Доведено, що діагностичний моніторинг технічного стану обладнання доцільно проводити засобами систем технічної діагностики. Саме такий спосіб гарантує забезпечення прийнятної достовірності результатів, мінімальні витрати часу і мінімальну вартість визначення параметрів технічного стану.

Ключові слова: технічна діагностика, визначення технічного стану, ідентифікація дефектів, режим реального часу, промислове обладнання, математична модель

Kiyanovsky M.V., Kiyanovska N.M. Selection of mathematical models for identification and localization of defects in operational objects

Purpose. To solve the problems of adaptive management of the machine resource based on real-time use with the formation of flexible maintenance regulations, the volume and content of which are adequate to the technical condition of the mechanism.

Research methods. To solve this problem, the methods of identifying defects, forecasting the dynamics of changes in the technical state of equipment and the practical use of programs for adaptive control of the reliability of equipment "by state", methods of processing random processes and mathematical statistics, as well as analysis of literary and patent sources, scientific generalization of previously performed research were used to solve this task.

Scientific novelty. It is shown that the choice of defect identification methods should be carried out taking into account the level of their reliability and the existing shortcomings and advantages of practical application.

Practical significance. The purpose of the research is achieved by combining the methods of identifying defects of complex objects and localizing their location in real time in operating programs in order to select the most suitable for diagnostic monitoring of structurally dense systems with the presence of a certain set of closely located typical structurally similar elements, under the condition of non-dissolving identification in the mode real-time monitoring of its technical condition and without decommissioning, which will create conditions for adequacy in determining the regulations and content of maintenance and repair (MRO). The conducted studies and their results provide a theoretical justification for the application and technical implementation of simplified algorithms for diagnostic localization of defects in the technical condition, which contributes to increasing the efficiency of operational processes.

Results. It has been proven that it is advisable to carry out diagnostic monitoring of the technical condition of the equipment by means of technical diagnostics systems. This method guarantees acceptable reliability of the results, minimum time consumption and minimum cost of determining the parameters of the technical condition.

Key words: technical diagnostics, determination of technical condition, identification of defects, real-time mode, industrial equipment, mathematical model

УДК 658.15

Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В. Актуальність і характерні особливості категорії «фінансово-економічний менеджмент підприємства»

Мета. Розкрити сутність і надати визначення категорії «фінансово-економічний менеджмент підприємства».

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного і логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. У процесі дослідження і розкриття сутності категорії «фінансово-економічний менеджмент підприємства» в роботі також розкрито зміст і характерні особливості ще двох категорій, що безпосередньо пов'язані з фінансово-економічною діяльністю підприємства, а значить і з його фінансово-економічним менеджментом. Це такі категорії, як «фінансовий менеджмент підприємства» і «економічний менеджмент підприємства».

Практична значимість. Представлено концепцію і методологічні підходи до визначення та розкриття сутності специфічних видів менеджменту підприємства: фінансового, економічного і фінансово-економічного.

Надано або удосконалено визначення таких термінів, як «фінансовий менеджмент підприємства», «фінансова діяльність підприємства», «економічний менеджмент підприємства», «фінансово-економічна діяльність підприємства», «фінансово-економічний менеджмент підприємства».

Відзначено місце і роль фінансової безпеки в загальному менеджменті підприємства.

Результати. У роботі констатується, що сучасний зміст категорії «фінансовий менеджмент» виходить за межі суто фінансового аспекту. Фактично, в теперішньому стані фінансовий менеджмент підприємства охоплює за своїм змістом процеси й елементи економічного характеру в діяльності підприємства.

Підтверджується це наступним, а саме: предметом і об'єктом управління у фінансовому менеджменті підприємства; метою фінансового менеджменту; сукупністю показників, що використовуються в системі фінансового менеджменту підприємства; сукупністю термінів і понять, що характеризують окремі сторони фінансової діяльності і фінансового менеджменту підприємства; представленням і оцінкою економічних процесів та елементів через фінансову термінологію та показники; віднесенням процесів управління активами підприємства до сфери фінансового менеджменту.

Ключові слова: фінансовий менеджмент, менеджмент, фінансово-економічна діяльність, концепція, показники, термінологія

Turilo A.M., Turilo A.A., Korolenko R.V. Relevance and characteristic features of the category "financial and economic management of enterprise"

Purpose. To reveal the essence and define the category of "financial and economic management of enterprise".

Research methods. The results and scientific provisions presented in the article are obtained using the generalisation of the results of previous studies, comprehensive analysis and synthesis, logical-structural and logical-dynamic analysis, scientific-analytical, comparison and analogy, etc.

Scientific novelty. In the process of researching and disclosing the essence of the category "financial and economic management of an enterprise", the work also reveals the content and characteristic features of two more categories that are directly related to the financial and economic activities of an enterprise, and hence to its financial and economic management. These are such categories as "financial management of an enterprise" and "economic management of an enterprise".

Practical significance. The concept and methodological approaches to defining and disclosing the essence of specific types of enterprise management: financial, economic and financial-economic.

The definitions of such terms as "financial management of an enterprise", "financial activity of an enterprise", "economic management of an enterprise", "financial and economic activity of an enterprise", "financial and economic management of an enterprise" are provided or improved. The place and role of financial security in the overall management of the enterprise is noted.

Results. The paper states that the modern content of the category "financial management" goes beyond the purely financial aspect. In fact, in the current state, the financial management of an enterprise covers the processes and elements of economic nature in the activities of an enterprise.

This is confirmed by the following, namely: the subject and object of management in the financial management of an enterprise; the purpose of financial management; a set of indicators used in the system of financial management of an enterprise; a set of terms and concepts characterising certain aspects of financial activity and financial management of an enterprise; presentation and evaluation of economic processes and elements through financial terminology and indicators; attribution of enterprise asset management processes to the sphere of financial management.

Key words: financial management, management, financial and economic activity, concept, indicators, terminology

УДК 621.61

Савицький О.І., Рубан С.А., Горбач К.О. Розширення можливостей дослідження динаміки кібер-фізичних систем з PWM-керуванням на базі стенду пневмоавтоматики компанії FESTO

Мета роботи. Розширення функціональних можливостей процесів моделювання пневмосистем шляхом модернізації стенду компанії FESTO (одного з перших випусків) завдяки застосуванню додаткового сучасного контролера S7- 1200 Siemens.

Методи досліджень. Проведено лабораторні експериментальні дослідження сумісності нового контролера з наявним обладнанням, електронне моделювання процесів пневмосистем, а також теоретичний аналіз та узагальнення результатів досліджень за стандартними та новими методиками. Моделювання проведено у програмному забезпеченні FluidSim.

Наукова новизна. Виконано моделювання та розглянуті різні обмеження тиску дроселями зі зворотними клапанами для виявлення параметрів верхніх та нижніх частот при PWM-регулюванні руху штоків циліндрів. Запропоновані методи корекції параметрів дроселів при PWM-регулюванні руху штоків циліндрів, з урахуванням реальних процесів руху штоків циліндрів на лабораторному стенді.

Практична значимість. Поліпшення параметрів при PWM-регулюванні руху штоків циліндрів, в їхніх кінцевих положеннях, з метою зменшення сили удару деталей штоку об циліндр.

Результати. Наведено основні наукові та практичні результати для поліпшення параметрів характеристик при PWM-регулюванні руху штоків циліндрів в їхніх кінцевих положеннях. В результаті моделювання та фізичної реалізації визначено раціональний момент зняття прямого тиску та подачі протитиску, з урахуванням інерційності й руху штоків циліндрів в їхніх кінцевих положеннях, для поліпшення якості параметрів характеристик при PWM- регулюванні. При цьому знижується вплив ударів штоків об циліндр та відповідно збільшується їхній життєвий цикл.

Ключові слова: лабораторний стенд пневмоавтоматики, PWM-регулювання, динаміка кібер-фізичних систем, ПЛК S7-1200

Savytskyi O.I., Ruban S. A., Horbach K. O. Expanding the possibilities of researching the dynamics of cyber-physical systems with pwm control on the base of the pneumatic automatics stand of the FESTO company

Purpose. Expanding the functional capabilities of pneumatic system modeling processes by modernizing the FESTO stand (one of the first releases) due to the use of an additional modern S7-1200 Siemens controller.

Research methods. Laboratory experimental studies of the compatibility of the new controller with existing equipment, electronic modeling of pneumatic system processes, as well as theoretical analysis and generalization of research results using standard and new methods were carried out. The simulation was carried out in FluidSim software.

Scientific novelty. Simulations were performed and various pressure limitations of throttles with non-return valves were considered to detect parameters of upper and lower frequencies during PWM control of the movement of the cylinder rods. Proposed methods of correction of throttle parameters during PWM-regulating the movement of cylinder rods, taking into account the real processes of the movement of cylinder rods on the laboratory stand.

Practical significance. Improvement of the parameters during PWM-adjustment of the movement of the cylinder rods in their end positions, in order to reduce the impact force of the rod parts on the cylinder.

Results. The main scientific and practical results for improving the parameters of characteristics during PWM regulation of the movement of the cylinder rods in their final positions are given. As a result of modeling and physical implementation, the rational moment of removing direct pressure and supplying back pressure is determined, taking into account the inertia and movement of the cylinder rods in their final positions, for improvement of the quality of characteristic parameters during PWM regulation. At the same time, the effect of impact of the rods on the cylinder is reduced and, accordingly, their life cycle increases.

Key words: pneumatic automation laboratory stand, PWM - regulation, dynamics of cyber-physical systems, PLC S7-1200.

УДК 622.73:681.516.7

Маринич І. А., Сердюк О. Ю. Синтез та моделювання системи автоматичного керування подрібнюючим агрегатом на базі нечіткої логіки

Мета. Підвищення продуктивності подрібнювального агрегату залізних руд та якості подрібненого вихідного продукту, шляхом удосконалення автоматизованої системи керування стабілізацією транспортування матеріалу всередині кульового млина з використанням нечіткої логіки.

Методи дослідження. Методи теорії автоматичного керування та теорії ідентифікації систем для вибору і обґрунтування структури математичної моделі об'єкту керування, методи імітаційного і комп'ютерного моделювання для тестування розробленої системи на ЕОМ.

Наукова новизна. Отримав подальший розвиток метод керування процесами подрібнення сировини шляхом застосування правил нечіткої логіки та можливість представлення моделі за допомогою бібліотек *SimHydraulics*, *SimMechanics* та *SimDriveline* середовища *Matlab&Simulink*, яка дозволяє об'єднувати у моделі фізичні об'єкти з передаточними функціями для більш реального відображення синтезуємої системи.

Практична значимість. Теоретичні дослідження та комп'ютерне моделювання довели потенціальні можливості застосування інтелектуальних підходів щодо ідентифікації, керування та оптимізації технологічних процесів збагачення. У першу чергу це стосується сучасних напрямів розвитку штучного інтелекту: нечіткої логіки, тому що регулювання процесу подрібнення вимагає не тільки безперервного регулювання, а й логічного управління, яке при необхідності може змінювати стратегію регулювання. Отже, отримані результати можуть бути застосовані при розробці автоматизованих систем управління, які використовують інтелектуальні методи ідентифікації та синтезу.

Результати. Досліджено залежність показників руди від значення води, а саме те, що особливістю роботи барабанного млина є те, що подрібнення руди відбувається в рідкому середовищі, яке є складовою частиною готового продукту - рудної пульпи. Кінцевим продуктом барабанного млина є пульпа із заданим співвідношенням руда-вода, що дозволяє забезпечити можливість поділу її при гравітаційному і магнітному впливі на рудну і нерудну складові. При цьому вода є транспортуючим засобом для виведення готової фракції для подальшої переробки. Тобто, технологічний цикл подрібнення ґрунтується на встановленні оптимального співвідношення руда-вода стосовно конкретних фізико-механічних властивостей, руди, що переробляється. На основі отриманих математичних моделей було виконано комп'ютерне моделювання системи автоматичного керування на базі класичних регуляторів та на базі нечіткої логіки. Аналіз результатів моделювання запропонованої системи показує, що функція належності забезпечує постійну подачу води в млин з урахуванням обсягу руди, що завантажувється, в оптимальному обсязі, достатньому для утворення пульпи, необхідної щільності.

Ключові слова: автоматизація, класифікатор, кульовий млин, моделювання, нечітка логіка, подрібнення

Marynych I. A., Serdiuk O. Yu. Synthesis and modeling of automatic control system of shredded aggregate based on fuzzy logic

Purpose. To increase the productivity of crushing unit of iron ore and the quality of shredded starting product by improving automated control system for stabilizing transport of material inside the ball mill using fuzzy logic.

Research methods. The methods of automatic control theory and the theory of systems identification for choice and substantiation of the structure of control object mathematical model, simulation and computer modeling methods for testing the developed system on computer are used.

Scientific novelty. The method of controlling raw material grinding processes by applying fuzzy logic rules and the ability to represent the model using the grid library of Matlab & Simulink, which allows you to combine physical objects with transfer functions in the model for a more realistic display of the synthesized system.

Practical significance. Theoretical research and computer modeling have proven the potential of intelligent approaches to identification, management and optimization of enrichment processes. First of all, this applies to modern directions of development of artificial intelligence: fuzzy logic, because the regulation of the grinding process requires not only continuous regulation, but also logical control, which, if necessary, can change the control strategy. Therefore, the obtained results can be applied in the development of automated control systems that use intelligent methods of identification and synthesis.

Results. The dependence of ore indicators on the value of water has been studied, namely that the peculiarity of the drum mill operation is that the ore is shredded in a liquid medium, which is an integral part of the finished product - ore pulp. The final product of the drum mill is a pulp with a given ratio of ore-water, which allows to separate it under gravitational and magnetic influence on the ore and non-ore components. The water is a conveying means for removing the finished fraction for further processing. That is, the technological cycle of grinding is based on the establishment of the optimal ratio of ore-water in relation to specific physical and mechanical properties of the processed ore. Based on the obtained mathematical models, computer modeling of automatic control system was performed on basis of classical controllers and on basis of fuzzy logic. Analysis of the simulation results of the proposed system shows that the membership function provides a constant supply of water to the mill, taking into account volume of ore loaded, in optimal amount sufficient to form a pulp of required density. Therefore, we can conclude about the adequacy of the simulation results.

Key words: automation, classifier, ball mill, modeling, fuzzy logic, grinding.

УДК 691.32

Астахова Н. В., Астахов В. І. Дослідження фізико-технічних властивостей шлакопемзобетону та шлакобетону для одношарової панелі даху з безрулонною покрівлею та теплим горищем

Мета. Отримання шлакопемзобетону та шлакобетону з підвищеною міцністю на стиск та зниженим показником водопроникності, шляхом модифікації його структури введенням добавки ПАВ. З метою поліпшення умов експлуатації покрівлі житлових будинків за рахунок ліквідації її перетинів випусками вентиляційних каналів, каналізації і т. д. та зниження тепловтрат будівлі, знаходить широке застосування в типових проектах конструкція даху з теплим горищем.

До переваг даху з теплим горищем слід віднести покращення вентиляції житлових приміщень, простоту конструкції, можливість підвищення заводської готовності елементів та зниження трудовитрат на будівництво, підвищену надійність покрівлі, зниження тепловтрат будівлі, можливість огляду та ремонту.

Збірні залізобетонні дахи з безрулонною покрівлею над теплим горищем поєднують в собі переваги дахів з безрулонною покрівлею, та дахів з теплим горищем. Матеріал панелі такого даху, крім необхідних характеристик морозостійкості, водонепроникності, міцності на стиск і розтяг та ін., повинен забезпечувати достатній для умов роботи горища опір теплопередачі.

Методи дослідження. У якості основних методів використані стандартні методи визначення водопроникнення та руйнуючі методи оцінки міцності при стиску бетону стандартних зразків.

Наукова новизна. Експериментально підтверджена можливість модифікації властивостей шлакопемзобетону та шлакобетону введенням до його складу добавки ПАР, що призводить до поліпшення структури бетону на шлакових матеріалах, що підтверджується зміною проникності бетону та підвищенням його міцності на стиск.

Практичне значення. Отримані шлакопемзобетон та шлакобетон, які володіють підвищеною міцністю на стиск та зниженим показником водопроникності, за рахунок модифікації його структури шляхом введення добавки ПАР, що особливо важливо для бетону конструкції даху.

Результати. На основі виконаних досліджень було виявлено, що максимальне підвищення міцності на стиск та зниження показника водопроникності шлакобетону викликає введення до його складу добавки ПАР в кількості 0,03 % від сумарної маси цементу та меленого шлаку.

Ключові слова: мелений гранульований шлак, шлакопемзобетон, одношарові конструкції даху з безрулонною покрівлею над теплим горищем.

Astakhova N. V., Astakhov V. I. Research of physical and technical properties of slag pumice concrete and slag concrete for single-layer tar-gravel roofing and a warm attic

Purpose. Obtaining slag and pumice concrete and slag concrete with high compressive strength and low water permeability by modifying its structure with surfactants. In order to improve operating conditions of a residential building roofing by eliminating its intersections with ventilation ducts, sewers, etc. and reduce heat loss of a building, a roof with a warm attic is widely used in typical projects.

The advantages of a roof with a warm attic include improved ventilation, simplicity of construction, increased number of prefabricated elements and reduced construction labour costs, increased roofing reliability, reduced heat loss of a building, possible inspection and repair.

Prefabricated reinforced concrete roofs with a tar-gravel roofing over a warm attic combine the advantages of a tar-gravel roofing and roofs with a warm attic. The material of a panel of such a roof, in addition to the required characteristics of frost resistance, water resistance, compressive and tensile strength, etc., must provide sufficient heat transfer resistance for the attic.

Research methods. The main methods used are standard methods for determining water permeability and destructive methods for assessing the compressive strength of standard concrete samples.

Scientific novelty. The possibility of modifying the properties of slag and pumice concrete and slag concrete by introducing surfactant additives into their composition has been experimentally confirmed, which leads to improved structure of concrete made of slag materials, which is proven by changes in concrete permeability and increased compressive strength.

Practical significance. Obtained slag and pumice concrete and slag concrete possess high compressive strength and low water permeability, which is especially important for concrete used for roof construction, by modifying their structure with surfactants.

Results. Based on the conducted research, it was found that the maximum increase in compressive strength and decrease in water permeability of slag concrete were reached thanks to the introduction of surfactants in its composition in the amount of 0.03% of the total mass of cement and ground slag.

Key words: ground granulated slag, slag and pumice concrete, single-layer roof structures with a tar-gravel roofing over a warm attic

УДК 330.322

Турило А.М., А Турило.А.А., Короленко Р.В., Короленко С.М. Фінансово-економічний та інноваційно-інвестиційний потенціал в аспекті стратегії розвитку підприємства

Мета. Розкрити сутність і надати визначення категоріям «фінансово-економічний потенціал» і «інноваційно-інвестиційний потенціал».

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного і логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. Акцентовано та удосконалено увагу на питаннях: формування та підпорядкованості інноваційно-інвестиційного та фінансово-економічного видів потенціалу підприємства в процесі розробки і реалізації вибраної стратегії його розвитку; визначення сутності і основ формування інноваційно-інвестиційного потенціалу підприємства, інвестиційного потенціалу підприємства, інноваційного потенціалу підприємства, потенціалу залучення інновацій, фінансово-економічному потенціалі підприємства, фінансовому потенціалі підприємства, економічному потенціалі підприємства.

Практична значимість. Відображено практичну роль менеджменту підприємства (топ менеджерів) у дослідженні, визначенні пріоритетних видів потенціалів для конкурентного розвитку підприємства і практичної їх реалізації.

Результати. У роботі визначено, що формування потенціалу – це кропітка та комплексна робота, яка потребує відповідних спеціфічних знань і практичного досвіду, системи теоретичних і методико-прикладних розробок, аналізу вітчизняної та зарубіжної інформації з даного напрямку дослідження, врахування новітніх інноваційних досягнень в матеріальній і нематеріальній сферах діяльності людини тощо.

Запропоновано в залежності від мети і стратегії розвитку підприємства використовувати при формуванні потенціалу групу критичних критеріїв.

Зазначено, що будь-який вид потенціалу підприємства, можливо розглядати з двох позицій: потенціал підприємства на певний момент часу (або в межах короткого періоду часу, коли практично не відбуваються зміни в основних елементах виробничо-господарської діяльності); потенціал підприємства достатньо обґрунтованого майбутнього розвитку (визначається під певні обґрунтовані якісні зміни в розвитку підприємства).

Ключові слова: фінансово-економічний потенціал, інноваційно-інвестиційний потенціал, фінансовий потенціал, інноваційний потенціал, інвестиційний потенціал, потенціал підприємства.

Turilo A.M., Turilo A.A., Korolenko R.V., Korolenko S.M. Financial, economic, innovation and investment potential in the aspect of enterprise development strategy

Purpose. To reveal the essence and define the categories of "financial and economic potential" and "innovation and investment potential".

Research methods. The results and scientific provisions presented in the article were obtained using a synthesis of the results of previous studies, comprehensive analysis and synthesis, logical-structural and logical-dynamic analysis, scientific and analytical, comparison and analogy, etc.

Scientific novelty. Attention is focused and improved on the following issues: formation and subordination of innovation and investment and financial and economic types of enterprise potential in the process of developing and implementing the chosen strategy of its development; determination of the essence and basis of formation of innovation and investment potential of the enterprise, investment potential of the enterprise, innovation potential of the enterprise, potential for attracting innovations, financial and economic potential of the enterprise, financial potential of the enterprise, economic potential of the enterprise, economic potential of the enterprise.

Practical significance. The practical role of the enterprise management (top managers) in the study is reflected, the priority types of potentials for the competitive development of the enterprise and their practical implementation are determined.

Results. The formation of potential is a complex work that requires relevant specific knowledge and practical experience, a system of theoretical and methodological and applied developments, analysis of domestic and foreign information in this area of research, and consideration of the latest innovative achievements in the tangible and intangible spheres of human activity. It is proposed to use a group of critical criteria in the formation of potential, depending on the purpose and strategy of enterprise development.

It is noted that any type of enterprise potential can be considered from two perspectives: the potential of an enterprise at a certain point in time (or within a short period of time, when there are practically no changes in the main elements of production and economic activity); the potential of an enterprise for a reasonably justified future development (determined for certain justified qualitative changes in the development of an enterprise).

Key words: financial and economic potential, innovation and investment potential, financial potential, innovation potential, investment potential, enterprise potential.

УДК 621.34.3:621.762

Засельський В. Й., Засельський І. В., Шепеленко М. І., Китач О.І., Баранова О. І. Оцінка використання технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» в умовах ПАТ «ЦГЗК» на ділянці огрудування металургійної шихти

Мета. Метою досліджень була оцінка ефективності використання технічної системи в процесі підготовки суміші для отримання окатишів в діючій технологічній схемі фабрики огрудування, а також визначення її енергосилових параметрів.

Методи. Методика досліджень даної праці включала визначення вмісту некондинційних фракцій окатишів в залежності від застосування обладнання, а також виміри енергосилових витрат кожної секції роторного змішувача встановленого над конвеєрної стрічкою в холостому ході та під навантаженням при переміщенні матеріалу за технологічною схемою виробництва окатишів фабрики огрудування ПАТ «ЦГЗК» (м. Кривий Ріг), а також потужність привода конвеєра.

Наукова новизна полягає в тому, що використання удосконаленої технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» дозволяє підвищити якість підготовки окатишів до спікання за рахунок зменшення некондинційної частки окатишів перед завантаженням їх в машину випалу. Окрім цього визначено енергосилові витрати роботи роторного змішувача в холостому ході, які становлять 3,9 кВт та під навантаженням 15,4 кВт. Порівнюючи отримані результати промислових випробувань з результатами розрахунків встановлено, що різниця між ними при роботі змішувача в холостому ході відрізняється не більше чим на 3%, а під навантаженням не більш ніж 10 %. Також визначена потужність привода конвеєра при його роботі без змішувача та з ним, під вібраційним впливом та без нього. Встановлено, що потужність привода конвеєра при роботі зі змішувачем та з застосуванням ексцентричних роликоопор збільшується на 8%, але таке підвищення допустиме так як привод не завантажено на 20%.

Практична значимість. В статті наведено принципову технологічну схему підготовки сировини для отримання якісних окатишів в умовах ПАТ «ЦГЗК» (Кривий Ріг). Представлені реальні показники енергетичних витрат запропонованого обладнання в холостому ході та під навантаженням.

Результати. В результаті дослідження визначено ефективність застосованої технологічної схеми, яка оцінювалась по класу сирих окатишів 0,10 на конвеєрі повернення встановленого під роликовим укладачем, а також визначено основні енергозатратні затрати вузлів технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» в реальних промислових умовах.

Ключові слова: змішувач, матеріал, огрудування, робочий орган, окатиш, змішувач, система, конвеєр

Zaselskiy V. I., Zaselskiy I. V., Shepelenko M. I., Kytach O.I., Baranova O.I. Evaluation of the use of the technical system "rotary mixer-conveyor" in the conditions of pjsc "TsGZK" in the site of metallurgical sheet

Purpose. To evaluate the efficiency of the technical system in the preparation of the mixture for the production of pellets in the current technological scheme of the pelletizing plant, as well as to determine its energy parameters.

Research methods. The research methodology included determining the content of substandard fractions of pellets depending on the use of equipment, as well as measuring the energy consumption of each section of the rotary mixer installed above the conveyor belt at idle and under load when moving material according to the technological scheme of pellet production (Kryvyi Rih), as well as the power of the conveyor drive.

Scientific novelty. The advanced technical system "rotary mixer-conveyor" allows to improve the quality preparation of pellets for sintering by reducing the substandard proportion of pellets before loading them into the firing machine. In addition, the power consumption of the rotary mixer at idle, which is 3.9 kW and under a load of 15.4 kW. Comparing the obtained results of industrial tests with the results of calculations, it was found that the difference between them when the mixer is idling differs by no more than 3%, and under load by no more than 10%. The power of the conveyor drive during its operation without the mixer and with it, under vibration and without it is determined. It is established that the power of the conveyor drive when working with the mixer and with the use of eccentric roller supports increases by 8%, but such an increase is permissible because the drive is not loaded by 20%.

Practical significance. The article presents the basic technological scheme of preparation of raw materials for obtaining high-quality pellets in the conditions of PJSC "TsGZK" (Kryvyi Rih). The real indicators of energy costs of the proposed equipment at idle and under load are presented.

Results. As a result of the research the efficiency of the applied technological scheme was determined, which was evaluated by the class of raw pellets 0.10 on the return conveyor installed under the roller packer, and the main energy costs of the technical system "rotary mixer-conveyor" in real industrial conditions.

Key words: mixer, material, lump, working body, pellet, mixer, system, conveyor.

УДК 699.865

Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Савенко В. О., Сіяноко Б. Г. Підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій

Мета. Розгляд різних матеріалів та структур огорожувальних конструкцій та найбільш раціональні варіанти їх застосування за допомогою впровадження новітніх технологій та конструктивних рішень на етапі проектування та експлуатації будівлі.

Методи дослідження. На основі попереднього аналізу вироблення технологій та конструктивних рішень для подальшого втілення у будівництві на етапі проектування. Розробка новітніх матеріалів та конструкцій у відповідності до вимог сучасних будівельних норм проектування відносно до енергоефективності огорожувальних конструкцій будівлі. Втілення конструктивних рішень коли в багатошарових стінах є конструктивний шар та шар утеплювача – це так звана теплотехнічно-неоднорідна захисна конструкція та технологій коли шар утеплювача та конструктивний шар збігаються – це теплотехнічно-однорідна захисна конструкція.

Наукова новизна. Комбінація матеріалів та конструктивних рішень між собою для досягнення максимального енергозберігаючого ефекту. Розробка методів енергоефективної комплексної модернізації вже існуючих будівель. Пряме вирішення проблем екологічного забруднення атмосфери через скорочення споживання енергоносіїв на потреби опалення побутового сектору. Виявлено питання економічного обґрунтування вибору стінових огорожувальних конструкцій і утеплювача.

Практична значимість. Втілення та пряме стимулювання розвитку ринку конструктивних рішень, матеріалів та технологій енергозбереження в будівництві. Подальше використання на етапі проектування будівлі конструктивних рішень, впровадження теплозахисної модернізації огорожувальних конструкцій будівель що вже існують, все це дозволяє суттєво знизити споживання теплової енергії тим самим знизити витрату енергоносіїв, та підвищення комфортності житлових приміщень. Вирішення проблеми довговічності матеріалів через економію енергоресурсів, що використовуються в захисних конструкціях.

Результат. Розробка новітніх матеріалів, конструктивних рішень, заходів теплової модернізації вже існуючих будівель. Впровадження новітніх енергозберігаючих технологій найкращим чином впливає не тільки економічну складову а також і на екологічну. Багатошарові захисні конструкції забезпечують не тільки енергоефективність будівлі, а й економічну ефективність, що досягається за допомогою скороченням тепловтрат і скороченням витрат на проведення подальших капітальних ремонтів цих конструкцій.

Ключові слова: огорожувальні конструкції; енергоефективні конструктивні рішення; модернізація будівель, утеплювач, захисна конструкція.

Timchenko R. O., Krishko D. A., Savenko V. O., Siyanko B. G. Improving the energy efficiency of enclosing structures

Purpose. Consideration of various materials and structures of enclosing structures and the most rational options for their application with the help of the introduction of the latest technologies and constructive solutions at the stage of design and operation of the building.

Research methods. Based on the preliminary analysis of the development of technologies and constructive solutions for further implementation in construction at the design stage. The development of the latest materials and constructions in accordance with the requirements of modern building design standards regarding the energy efficiency of the building's enclosing structures. The embodiment of constructive solutions when there is a structural layer and a layer of insulation in multilayer walls is a so-called thermally non-uniform protective structure, and technologies when a layer of insulation and a structural layer coincide is a thermally homogeneous protective structure.

Scientific novelty. The combination of materials and constructive solutions among themselves to achieve the maximum energy-saving effect. Development of methods of energy-efficient complex modernization of already existing buildings. A direct solution to the problems of environmental pollution of the atmosphere by reducing the consumption of energy carriers for the heating needs of the household sector. The question of the economic justification of the choice of wall enclosing structures and insulation has been revealed.

Practical significance. Implementation and direct stimulation of the market development of constructive solutions, materials and energy-saving technologies in construction. Further use of structural solutions at the stage of building design, implementation of heat-protective modernization of existing building envelope structures, all this allows to significantly reduce the consumption of thermal energy, thereby reducing the consumption of energy carriers, and increasing the comfort of residential premises. Solving the problem of durability of materials through the saving of energy resources used in protective structures.

Result. Development of the latest materials, constructive solutions, measures for thermal modernization of already existing buildings. The introduction of the latest energy-saving technologies in the best way affects not only the economic component, but also the ecological one. Multi-layer protective structures provide not only energy efficiency of the building, but also economic efficiency, which is achieved by reducing heat loss and reducing costs for further capital repairs of these structures. **Key words:** enclosing structures; energy-efficient structural solutions, modernization of buildings, insulation, protective structure.

УДК 69.059.3

Валовой О.І., Грицасенко О.М., Попруга Д.В. Оцінка технічного стану конструкцій опор технологічних споруд
Мета. Визначити реальний технічний стан будівельних конструкцій, розробити рекомендації для виконання проекту на ремонтно-відновлювальні роботи по подовженню терміну безпечної експлуатації технологічних споруд.

Методи дослідження. Проведення інструментального обстеження будівельних конструкцій.

Наукова новизна. Запропоновані сучасні будівельні матеріали для виконання посилення несучих конструкцій технологічних споруд.

Практична значимість. Отримані результати дозволять розробити типові рішення щодо капітального ремонту подібних споруд.

Результати. Наведені результати обстеження технічного стану конструкцій опор технологічних споруд збагачувальної фабрики. Визначені основні дефекти і пошкодження отримані під час експлуатації споруд, здійснено аналіз їх причин. З метою подовження терміну безпечної експлуатації технологічних споруд рекомендовано вжити наступні першочергові заходи: відновити методом нанесення готових ремонтних композиційних сумішей з полімерними домішками захисний шар бетону всіх залізобетонних конструкцій, що отримали категорію технічного стану "3" – непридатний до нормальної експлуатації та "2" – задовільний: видалити слабкий захисний бетонний шар (товщина відбитого захисного шару не має перевищувати більше половини товщини стержня арматури), очистити поверхню від продуктів корозії; очистити арматурну сталь від корозійних нашарувань до металевго блиску; очистити поверхню конструкцій стисненим повітрям; відновити за допомогою електрозварювання відірвані стержні арматури; обробити очищену арматуру і зачищений бетон розчином, що знизить вплив вологи та окислення на арматуру; після висихання ґрунтовки, поверхню бетону ретельно змочити водою без утворення на поверхні крапель; приготувати безсадковий розчин і відновити геометричні розміри конструкцій методом нанесення готової ремонтної суміші шпателем; на відновлені поверхні нанести шпателем захисне покриття шаром товщиною 2 мм; виконати роботи по нанесенню захисного покриття на металеві елементи посилення залізобетонних стійок, попередньо очистивши поверхню елементів від бруду та продуктів корозії.

Ключові слова: опори технологічних споруд, технічне обстеження, дефекти, пошкодження, технічний стан, капітальний ремонт

Valovoi O.I., Grytsaienko O.M., Popruha D.V. Technical state assessment of the supporting structures of the technical buildings

Purpose. To study the real technical state of the building structures, to develop recommendations for the reconstruction project aimed to extend the safe life of the technical structures.

Research methods. The main used method is conducting an instrumental survey of the building structures.

Scientific novelty. Modern building materials are offered to perform reinforcement of bearing structures of technical structures.

Practical significance. The obtained results allow us to develop typical solutions for major repairs of this kind of structures.

Results. The work presents the results of the technical state survey of the support structures of the beneficiation plant technical facilities. There were identified the main defects and damages obtained during the operation of the structures. The diagnosis of causes of damage and defects was performed. In order to extend the safe operation of technical structures, it is recommended to take the following priority measures: to restore using the method of application of ready-made repair composite mixtures with polymer impurities the protective layer of concrete. It was taken into consideration the structures which received the technical state category "3" – not functional and category "2" - satisfactory: to remove a weak protective concrete layer (the thickness of the removed protective layer should not exceed more than half of the thickness of the armature rod), to eliminate the corrosion products from surface; to scrub reinforcement steel from corrosion layers to the metallic luster; to clean the surface of structures with compressed air; to restore the broken away rods by means of electric welding; to treat the cleaned armature and the cleared concrete with a solution that will reduce the influence of moisture and oxidation on the reinforcement; after drying the primer, thoroughly moisten the surface of the concrete with water without the formation of droplets on the surface; prepare a non-shrink solution and restore the geometric dimensions of structures by applying a ready-mixed repair mixture with a trowel; apply a 2 mm thick protective coat with a trowel on the restored surfaces; having pre-cleaned the surface of the elements from dirt and corrosion products, to perform the applying of a protective coating onto the metal elements of the reinforced supporting posts.

Key words: supports of technical structures, technical survey, defects, damages, technical state, major structural repair

УДК 669.162.16

Чупринов Є.В., Журавльов Ф.М., Кассім Д.О., Тараканов А.К., Реков Ю.В. Удосконалення процесу двошарового спікання агломераційної шихти

Мета. Розробка удосконаленої технології спікання агломерату, що дозволяє підвищити питому продуктивність аглопроцесу, знизити питому витрату вуглецю твердого палива, зменшити вміст залишкового вуглецю та дріб'язку в агломераті, а також покращити характеристики міцності агломерату.

Методи дослідження. Для дослідження режимів агломераційного спікання двошарових шихт використовувалися лабораторні напівпромислові установки агломераційного цеху ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та Навчально-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій. Відпрацювання технологій

отримання лабораторних шихт здійснювалося на лабораторному барабанному огрудувачі. Визначення металургійних характеристик палива та огрудованих матеріалів проводилося за методами Державних стандартів України: ДСТУ 4703:2006, ДСТУ 3206-95, ДСТУ 3200-95, ДСТУ 3202-95, ДСТУ 3205-95.

Наукова новизна. В статті вперше науково обґрунтовані оптимальні співвідношення кількості твердого палива, його крупності та реакційної здатності у верхньому та нижньому шарах аглошихти при її двошаровому спіканні.

Практична значимість. Розроблено вдосконалену технологію виробництва агломерату з оптимізацією витрати, гранулометричного складу та реакційної здатності твердого палива в шарах агломераційної шихти.

Результати. Проведені дослідження з вивчення режимів спікання двошарових шихт з різною кількістю та реакційною здатністю твердого палива у верхньому та нижньому шарах шихти, що спікається. У базову шихту вводили всю задану кількість палива з однаковою середньою реакційною здатністю ($CRI = 36,7\%$). У дослідну шихту попередньо вводили до 30 % необхідної питомої витрати вуглецю, що вноситься високореакційним ($CRI > 37\%$) твердим паливом, а решту необхідного вуглецю розподіляли нерівномірно по шарах шихти. У верхній шар вводили вуглецю на 5-15 % більше необхідної витрати на шар у вигляді високореакційного палива, а в нижній – на 2 % менше від необхідного у вигляді низькореакційного палива, моделюючи процес двошарового спікання шихти. Показано, що запропонована та відпрацьована технологія дозволяє підвищити продуктивність процесу виробництва агломерату, знизити питому витрату вуглецю твердого палива, зменшити вміст залишкового вуглецю та дріб'язку в агломераті, а також покращити характеристики міцності агломерату.

Ключові слова: агломерат, тверде паливо, реакційна здатність, питома продуктивність, міцність

Chuprynov Ye.V., Zhuravliov F.M., Kassim D.O., Tarakanov A.K., Rekov Yu.V. Improving the process of two-layer sintering of agglomeration charge

Purpose. Develop the advanced sintering technology, which allows to increase its specific productivity, reduce the specific consumption of solid fuel, reduce the content of residual carbon and fine-grained fraction in the sinter, as well as improve the strength characteristics of the sinter.

Research methods. Laboratory semi-industrial units of the sinter shop of PJSC "ArcelorMittal Kryvyi Rih" and the Educational and Scientific Technological Institute of the State University of Economics and Technology were used to study the sintering regimes of two-layer charges. Working out of technologies of reception of laboratory charges was carried out on a laboratory drum loader. Determination of metallurgical characteristics of fuels and pelleted materials was carried out according to the methods of State Standards of Ukraine: SSoU 4703:2006, SSoU 3206-95, SSoU 3200-95, SSoU 3202-95, SSoU 3205-95.

Scientific novelty. For the first time, the article scientifically substantiates the optimal ratios of solid fuel, its size and reactivity in the upper and lower layers of the sinter charge under its two-layer sintering.

Practical significance. Advanced technology of sinter production with optimization of quantity, particle size distribution and reactivity of solid fuel in the layers of sinter charge is developed.

Results. Studies have been conducted to study the sintering regimes of two-layer charge with different amount and reactivity of solid fuel in the upper and lower layers of the sintered charge. All the specified amount of fuel with the same average reactivity ($CRI = 36.7\%$) was introduced into the base charge. Up to 30 % of the required specific carbon was introduced into the experimental charge by highly reactive ($CRI > 37\%$) solid fuel. Then 5-15 % more carbon was introduced into the upper layer, over than required in the layer, in the form of highly reactive fuel, and 2 % - into the lower layer, less than required, in the form of low-reaction fuel, simulating the process of two-layer sintering of the charge. It is shown that the proposed and tested technology allows to increase the specific productivity of the sinter production process, reduce the specific carbon consumption of solid fuels, reduce the residual carbon and fines in the sinter, as well as improve the strength characteristics of the sinter.

Key words: agglomerate, solid fuel, reactivity, specific productivity, strength

УДК 504.06.628.5

Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Худик М. В. Підвищення ефективності колективного захисту від виробничого шуму в гірництві

Мета. Видобування і переробка корисних копалин потребує використання потужних машин, механізмів та приладів, робота яких супроводжується надходженням у виробниче середовище інтенсивного шуму. Під шумом розуміють поєднання звуків різних інтенсивностей, частот та тиску, які негативно впливають на організм людини. Шум може викликати миттєву глухоту або пошкодження органу слуху. Метою цього дослідження є підвищення ефективності захисту працюючих в гірництві від виробничого шуму.

Методи дослідження. Для досягнення мети застосовувався комплексний метод дослідження, який передбачає аналіз існуючих способів зниження впливу шуму на працюючих, лабораторні дослідження ефективності захисту від виробничого шуму шляхом його поглинання в місцях шумоутворення.

Наукова новизна. Надано характеристику шкідливої дії виробничого шуму в гірництві, визначено ефективність звукоізолюючої здатності різних матеріалів, що покладено в основу рекомендацій з підвищення захисту працюючих від дії широкосмугового шуму.

Практичне значення. Розроблено конструкції абсорбційного глушника для вентиляторів місцевого провітрювання гірничих виробок і шумоізолюючої kabіни для машиністів гірничих машин, в основу яких покладено здатність поглинання широкосмугового шуму в звукопоглинаючих матеріалах.

Результати. Приведено кількісні величини рівнів шуму, які виникають при роботі перфораторів, вентиляторів місцевого провітрювання, станків глибокого буріння, дробильних установок та млинів на збагачувальних фабриках. Установлено ефективність звукопоглинання різних матеріалів, що дозволило розробити конструкції абсорбційного глушника шуму для осьових вентиляторів та шумоізолюючих кабін для машиністів гірничих машин і персоналу збагачувальних фабрик. В роботі запропоновано в якості колективного захисту працюючих в гірництві від виробничого шуму застосування глушників на виході з вентиляторних установок місцевого провітрювання. В якості звукопоглинаючого матеріалу в глушниках рекомендовано застосування мінеральної вати, що дозволяє знизити рівень шуму на 10-15 дБ. При неможливості зниження рівня шуму в місцях його утворення рекомендовано споруджувати звукоізоляційні kabіни з оглядо-

вими вікнами та пультами дистанційного управління. Стіни таких кабін виконують з багатошарового звукопоглинаючого матеріалу, що дозволяє знизити рівень шуму в приміщенні камери нижче допустимих значень.

Ключові слова: виробничий шум, глушник шуму, звукопоглинальний матеріал, шумоізолююча кабіна, звукоізоляція, кожух, екран, навушник.

Lapshyn O. Ye., Lapshyn O. O., Khudyk M. V. Increasing the efficiency of collective protection from industrial noise in the mining industry

Purpose. The extraction and processing of minerals requires the use of powerful machines, mechanisms and instruments, the operation of which is accompanied by intense noise entering the production environment. Noise is a combination of sounds of different intensities, frequencies and pressures that adversely affect the human body. Noise can cause instant deafness or hearing damage. The purpose of this study is to improve the effectiveness of the protection of workers in the mining industry from industrial noise.

Research methods. A comprehensive research method was used, which provides for an analysis of existing ways to reduce the impact of noise on workers, laboratory studies of the effectiveness of protection from industrial noise by absorbing it in places of noise generation.

Scientific novelty. The characteristics of the harmful effects of industrial noise in the mining industry are given, the effectiveness of the soundproofing ability of various materials is determined, which is the basis for recommendations for improving the protection of workers from the effects of broadband noise.

Practical significance. Designs of an absorption muffler for local ventilation fans in mine workings and a noise-insulating cabin for mining machine operators have been developed, which are based on the ability to absorb broadband noise in sound-absorbing materials.

Results. Quantitative values of noise levels that occur during the operation of perforators, local ventilation fans, deep drilling machines, crushing plants and mills at processing plants are given. The efficiency of sound absorption of various materials has been established, which made it possible to develop the design of an absorption muffler for axial fans and noise-insulating cabins for mining machine operators and personnel of processing plants. The paper proposes, as a collective protection of workers in the mining industry from industrial noise, the use of mufflers at the outlet of local ventilation fan installations. The use of mineral wool is recommended as a sound-absorbing material in mufflers, which allows to reduce the noise level by 10-15 dB. If it is impossible to reduce the noise level in the places of its formation, it is recommended to build soundproof cabins with viewing windows and remote controls. The walls of such booths are made of multilayer sound-absorbing material, which makes it possible to reduce the noise level in the chamber below the permissible values.

Key words: industrial noise, noise muffler, sound-absorbing material, soundproof cabin, sound insulation, casing, screen, earpiece

УДК 622.7: 534

Моркун В. С., Моркун Н. В., Грищенко С. М., Сердюк О. Ю., Гапоненко А. А., Бобров Є. Ю. Моделювання магнітної сепарації залізної руди

Мета. Обґрунтування можливості прогнозування результатів магнітної сепарації залізної руди із застосуванням ультразвукових та магнітометричних вимірювань.

Методи дослідження. У роботі використані методи аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду, методи математичного та імітаційного фізичного моделювання, а також методи математичної статистики і теорії ймовірності для формування оцінки результатів дослідження.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні методу визначення феромагнітної складової у залізорудній пульпі на основі вимірювання змін параметрів розповсюдження витікаючих хвиль Лемба під дією імпульсного магнітного поля та використанні отриманих результатів для прогнозування вилучення заліза у промпродукт магнітної сепарації.

Практичне значення полягає в тому, що запропонований підхід дозволяє у безперервному режимі безконтактним способом отримувати інформацію стосовно основного показника якості ведення технологічного процесу магнітного збагачення залізної руди.

Результати. Продуктивність магнітного сепаратора та якість розділення продуктів збагачення залежать від багатьох факторів, головними з яких є його конструктивні внутрішні параметри та властивості вхідного продукту. Оскільки поки що не має технічної можливості оперативно отримувати повну інформацію стосовно всіх змінних процесу магнітної сепарації, а взаємозв'язок між ними є важкоформалізуємым, для моделювання цього процесу доцільно використовувати апарат нечіткої логіки та штучні нейронні мережі. Для практичної реалізації такого підходу у представленому дослідженні застосовується адаптивна нейро-нечітка система ANFIS. Запропонований метод ультразвукового вимірювання концентрації твердої фази пульпи, крупності її частинок, вмісту феромагнітного компонента та швидкості потоку з застосуванням витікаючих хвиль Лемба та імпульсного магнітного поля. Результати ультразвукових вимірювань використані для формування адаптивної нейро-нечіткої моделі магнітної сепарації та прогнозування вмісту заліза у промпродукт магнітного сепаратора. Середня абсолютна помилка (MAE) прогнозування становила 0,64, середньоквадратична помилка (RMSE) - 0,45 при коефіцієнті детермінації (R^2) - 0,93. Оскільки результати проведених досліджень сформованої моделі добре узгоджуються з експериментальними даними, зроблено висновок, що запропонований підхід можна успішно використовувати для прогнозування якості та ефективності роботи магнітних сепараторів на залізорудних збагачувальних фабриках.

Ключові слова: магнітний сепаратор, моделювання, витікаючі хвилі Лемба, магнітне поле, прогнозування, якість.

Morkun V.S., Morkun N.V., Hryshchenko S.M., Serdiuk O.Yu., Haponenko A.A., Bobrov Ye.Yu. Simulation of iron ore magnetic separation

Purpose. To validate the possibility of predicting the results of magnetic separation of iron ore using ultrasonic and magnetometric measurements.

Research methods. Methods of analyzing domestic and foreign experience, methods of mathematical and simulation physical modeling, as well as methods of mathematical statistics and probability theory were used to form an assessment of the research results.

Scientific novelty lies in the substantiation of the method for determining the ferromagnetic component in iron ore pulp based on measuring changes in the propagation parameters of outgoing Lamb waves under the action of a pulsed magnetic field and using the results to predict the iron recovery in the magnetic separation product.

Practical significance. The proposed approach makes it possible to obtain information on the main quality indicator of the magnetic iron ore beneficiation process in a continuous mode in a non-contact way.

Results. The performance of a magnetic separator and the quality of separation of beneficiation products depend on many factors, the main ones being its design internal parameters and properties of the input product. Since it is not yet technically possible to obtain complete information on all the variables of the magnetic separation process, and the relationship between them is difficult to formalize, it is advisable to use fuzzy logic and artificial neural networks to model this process. For the practical implementation of this approach, the adaptive neuro-fuzzy system ANFIS is used in the presented study. The proposed method of ultrasonic measurement of the concentration of the solid phase of the pulp, its particle size, the content of the ferromagnetic component, and the flow rate using outgoing Lamb waves and a pulsed magnetic field. The results of the ultrasonic measurements were used to form an adaptive neuro-fuzzy model of magnetic separation and to predict the iron content in the magnetic separator product. The mean absolute error (MAE) of the prediction was 0.64, the root mean square error (RMSE) was 0.45, and the coefficient of determination (R^2) was 0.93. Since the results of the study of the developed model are in good agreement with the experimental data, it is concluded that the proposed approach can be successfully used to predict the quality and efficiency of magnetic separators at iron ore processing plants.

Key words: magnetic separation, simulation, outgoing Lamb waves, magnetic field, prediction, quality.

УДК 691.32

Шишкін О.О., Настич О.Б. Застосування відходів збагачення залізних руд в технології бетонів нового покоління

Мета. Метою даної роботи є дослідження із визначення ефекту впливу реакційних порошків, які використовуються одночасно з колоїдною поверхнево-активною речовиною, на міцність порошкового бетону.

Методи дослідження. Виготовлення зразків бетону та визначення його міцності здійснювалося на основі стандартних методів.

Наукова новизна. Застосування у якості дрібного заповнювача реакційних порошкових бетонів суміші річкового і техногенного піску, який містить сполуки заліза, дозволяє підвищити міцність даних бетонів при стиску на 30-200%.

Практична значимість. Підвищення якості бетонів, призначених для будівництва довговічних та унікальних споруд.

Результати. В результаті експериментів встановлено, що міцність бетону на стиск, отриманого в результаті гідратації дисперсної системи «портландцемент – колоїдна поверхнево-активна речовина – реакційний порошок», коли використовується як реакційно-здатний порошок мелений річковий пісок зола виносу ТЕС, дрібна фракція відходів збагачення залізної руди і доменний гранульований шлак, вище міцності бетону, отриманого на портландцементі без добавок. Наявність в дисперсії колоїдної поверхнево-активної речовини забезпечує підвищену міцність на стиск отриманого бетону. Швидкість набору міцності при стиску бетону, отриманого в результаті твердіння дисперсної системи «портландцемент – колоїдна поверхнево-активна речовина – реакційний порошок» залежить від типу реакційного порошку. Отже, найбільшу швидкість формування міцності та її кінцеве значення має бетон, що містить суміш гранульованого шлаку та відходів збагачення залізної руди, як реакційного порошку. Дослідження та їх результати показали, що використання колоїдної поверхнево-активної речовини веде до підвищення ефективності використання отриманих мінеральних порошків, зокрема, з відходів збагачення залізних руд і доменного гранульованого шлаку, в реактивному порошковому бетоні. Найефективніший реактивний порошок, який доцільно використовувати одночасно з колоїдними поверхнево-активними речовинами є відходи збагачення залізних руд та доменний гранульований шлак. Це означає, що використання колоїдної поверхнево-активної речовини більш ефективно для модифікації бетонів на основі шлакопортландцементу ніж для бетону на портландцементі.

Ключові слова: Реакційний порошковий бетон, річковий пісок, з'єднання заліза, міцність, техногенний пісок

Shyshkin O.O., Nastich O.B. Application of iron ore enrichment waste in new generation concrete technology

Purpose. To determine the effect of reactive powders used simultaneously with a colloidal surface-active substance on the strength of powder concrete.

Research methods. Production of concrete samples and determination of its strength was carried out on the basis of standard methods.

Scientific novelty. The use of a mixture of river and man-made sand, which contains iron compounds, as a fine aggregate of reactive powder concretes allows to increase the compressive strength of these concretes by 30-200%.

Practical significance. Improving the quality of concrete intended for the construction of durable and unique spore.

Results. As a result of the experiments, it was established that the compressive strength of concrete obtained as a result of hydration of the dispersed system "portland cement - colloidal surfactant - reactive powder" when ground river sand, TPP waste ash, a small fraction of iron ore beneficiation waste is used as a reactive powder and blast furnace granulated slag, higher than the strength of concrete obtained on Portland cement without additives. The presence of a colloidal surface-active substance in the dispersion provides increased compressive strength of the resulting concrete. The rate of compressive strength of concrete obtained as a result of hardening of the dispersed system "portland cement - colloidal surfactant - reactive powder" depends on the type of reactive powder. Therefore, concrete containing a mixture of granulated slag and iron ore beneficiation waste as a reaction powder has the highest speed of strength formation and its ultimate value. Studies and their results have shown that the use of colloidal surface-active substance leads to an increase in the efficiency of the use of mineral powders obtained, in particular, from iron ore beneficiation waste and blast furnace granulated slag, in reactive powder concrete. The most effective reactive powder, which is advisable to use simultaneously with colloidal surfactants, is iron

ore beneficiation waste and blast furnace granulated slag. This means that the use of a colloidal surfactant is more effective for modifying concretes based on slag portland cement than for concrete on portland cement.

Key words: reactive powder concrete, river sand, iron connection, strength, man-made sand.

УДК 658:382.3:005.52

Чеберячко С.І., Пищикова О.В., Дерюгін О.В., Станіславук О.В., Алексєєв А.А. Впровадження керування ризиками стресу в системах управління охороною здоров'я і безпекою праці на промислових підприємствах

Мета. Розробка процесу впровадження керування ризиками стресу на робочому місці в умовах промислового підприємства, сумісного з іншими бізнес-процесами.

Методи дослідження. використано рекомендації стандарту ISO 45003:2021, відмінною особливістю, якого від інших моделей керування стресом на промисловому підприємстві є розгляд спеціальних запобіжних заходів на трьох різних рівнях.

Наукова новизна. Полягає в обґрунтуванні оціночних шкал для визначення ймовірності настання небезпечної події від пливу стресу на робочому місці, а також важкості наслідків від професійного захворювання чи травмування на робочому місці працівника під час виконання професійної діяльності.

Практична значимість. Проведена оцінка стресу машиніста компресорної установки при різному характеру роботи: стабільній роботі, при нещасному випадку, аварійному та військовому стані, що характеризуються рівнями нервового напруження; показано, що величина стресу при аварійному та військовому стані у двічі вища, а ніж при стабільній роботі, що пояснюється підвищенням контролю за виробничими показниками, які не зважаючи на ситуацію повинні забезпечити високу якість продукції, а отже і конкурентоспроможність.

Результати. Розроблені оціночні шкали для визначення ймовірності настання небезпечної події від пливу стресу на робочому місці, а також важкості наслідків від професійного захворювання чи травмування на робочому місці з урахуванням рекомендацій гігієнічної класифікації умов праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, зокрема тривалість зосередження уваги або щільність сигналів, ступінь ризику стресу для власного життя та життя інших осіб або ступінь відповідальності за життя інших осіб, змінність при роботі виключно в нічну зміну, що враховує зокрема індивідуальні характеристики особи працівника, яка виконує певні виробничі завдання.

Ключові слова: ризик, стрес, небезпечна подія, небезпека виробничого середовища, управлінські рішення

Cheberyachko S.I., Pyshchykova O.V., Deryugin O.V., Stanislavchuk O.V., Alekseev A. Implementation of stress risk management in occupational health and safety management systems at industrial enterprises

Purpose. Develop a process of implementing stress risk management in the conditions of an industrial enterprise, which is compatible with other business processes.

Research methods. The recommendations of the ISO 45003:2021 standard, the distinctive feature of which, compared to other models of stress management at an industrial enterprise, is the consideration of special preventive measures at three different levels.

Scientific novelty. Consists in substantiating rating scales for determining the probability of a dangerous event occurring due to the flow of stress at the workplace, as well as the severity of the consequences of an occupational disease or injury at the workplace of an employee during the performance of professional activities.

Practical significance. An assessment of the stress of the compressor plant operator was carried out in different types of work: stable work, accident, emergency and military conditions, which are characterized by levels of nervous tension; it is shown that the amount of stress during emergency and military conditions is twice as high as during stable work, which is explained by increased control over production indicators, which, regardless of the situation, must ensure high quality of products, and therefore competitiveness.

Results. Evaluation scales have been developed to determine the probability of a dangerous event occurring as a result of stress at the workplace, as well as the severity of the consequences of an occupational disease or injury at the workplace, taking into account the recommendations of the hygienic classification of working conditions based on indicators of the harmfulness and dangerousness of the factors of the industrial environment, the difficulty and tension of the labor process, in particular, the duration of attention or the density of signals, the degree of risk of stress for one's own life and the lives of other persons or the degree of responsibility for the lives of other persons, variability when working exclusively in the night shift, which takes into account, in particular, the individual characteristics of an employee who performs certain production tasks.

Key words: risk, stress, dangerous event, danger of the production environment, management decisions

UDC 681.51:622.73

Shvets D.V. Mathematical model for controlling the classification process of crushed iron raw materials using fuzzy logic

Purpose. To model the technological process of classifying crushed iron ore raw materials at the primary grinding and classifying, and to control the classification process under unclear technological parameters.

Research methods. When modeling the classification of iron ore raw materials, methods of mathematical modeling and methods of automatic control theory, as well as the apparatus of fuzzy logic for controlling the classification process of iron ore raw materials under fluctuations in technological parameters are used.

Scientific novelty. A list of the main input and output parameters of the classification of iron raw materials, which significantly affect the separation of the crushed ore by size, was determined. The obtained parameters enable to improve the existing mathematical models of separation of the crushed ore by size at the primary grinding and classification.

Practical significance. The designed automatic control system of the primary classification of iron ore raw materials at the primary grinding and classification using fuzzy logic is to solve a number of complex problems, solutions of which are problematic using classical methods due to their high complexity and incomplete technological data. The methods of fuzzy logic formalize the dependencies regardless of their complexity, thus allow to use different parameters in controller's fuzzy logic.

Results. Analysis of the iron raw material processing at the primary grinding and classification. A list of the main technological parameters of high impact on the classification of the extracted iron raw materials and their limit values. The classifier automated control for the primary grinding and classification using the fuzzy logic controller requires the following input technological parameters: consumption of crushed ore in the classifier, density of the discharge pulp, and water consumption into the classifier. The automatic control system of the classifier using the fuzzy logic and the classifier using interactive tool for analysis of dynamic systems Simulink is developed, which is integrated with MATLAB application package.

Key words: classification, iron ore raw materials, mathematical model, automated control, fuzzy logic.

Д. В. Швець. Створення математичної моделі для керування процесом класифікації подрібненої залізорудної сировини з використанням нечіткої логіки

Мета. Моделювання технологічного процесу класифікації подрібненої залізорудної сировини на першій стадії подрібнення та класифікації та керування процесом класифікації при нечітких технологічних параметрах.

Методи дослідження. При виконанні моделювання процесу класифікації залізорудної сировини використовувалися методи математичного моделювання та методи теорії автоматичного керування, а також апарат нечіткої логіки для керування процесом класифікації залізорудної сировини в умовах коливань технологічних параметрів

Наукова новизна. Визначено перелік основних вхідних та вихідних параметрів процесу класифікації залізорудної сировини, що значною мірою впливають на перебіг розподілу подрібненої руди за крупністю. Застосування отриманих параметрів надає можливість вдосконалити наявні математичні моделі процесу розподілу подрібненої залізорудної сировини за крупністю на першій стадії подрібнення та класифікації.

Практичне значення. Створення та застосування системи автоматичного керування процесом класифікації залізорудної сировини на першій стадії подрібнення і класифікації із застосуванням апарату нечіткої логіки дає можливість розв'язати низку складних завдань, рішення яких проблематично отримати використовуючи класичні методи, що зумовлено їх високою складністю і наявністю нечітких та неповних технологічних даних. Застосування методів нечіткої логіки дає можливість формалізувати залежності без огляду на рівень їх складності, при цьому можливе використання різноманітних параметрів у регуляторах з нечіткою логікою.

Результати. Проаналізовано процес переробки залізорудної сировини на першій стадії подрібнення і класифікації, визначено перелік основних технологічних параметрів, що мають значний вплив на протікання процесу класифікації подрібненої залізорудної сировини, та їх граничні значення. Визначено, що при автоматизованому керуванні класифікатором першої стадії подрібнення і класифікації з використанням регулятора нечіткої логіки необхідно враховувати наступні вхідні технологічні параметри: витрати подрібненої руди в класифікатор, щільність пульпи зливу млина, витрати води в класифікатор. Розроблено систему автоматичного керування класифікатором з використанням апарату нечіткої логіки та досліджено роботу класифікатора з використанням інтерактивного інструменту аналізу динамічних систем Simulink, що інтегрований з пакетом прикладних програм MATLAB.

Ключові слова: класифікація, залізорудна сировина, математична модель, автоматизоване керування, нечітка логіка.

УДК 691

Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Савенко В. О., Скрібцова Д. А. Використання сучасних будівельних матеріалів в проектуванні будівель і споруд

Мета. Дослідити та оцінити основні тенденції світового ринку на предмет розробок новітніх будівельних матеріалів та конструкцій. Аналіз отриманих даних, з метою впровадження новинок на вітчизняний ринок.

Методи дослідження. Моніторинг вітчизняних та європейських досліджень і ринку на предмет інноваційних розробок у галузі виробництва будівельних матеріалів та конструкцій.

Наукова новизна. Отримання комплексної інформації про об'єкт дослідження, що дозволить розумно інтегрувати новітні розробки при будівельному виробництві в нашій країні. Отримані дані суттєво допоможуть підвищити такі показники будівельної продукції, як: економічність, технологічність, енергоефективність та екологічність.

Практична значимість. Розширення вітчизняного ринку будівельної продукції. Підвищення якості готового продукту будівництва. Особливістю сучасного будівництва є надзвичайно широкий спектр нових матеріалів, виробів і технологій, які внаслідок інтенсивного розвитку будівельної науки і техніки змінюються кожні 5-10 років. Завдяки союзу науки і будівельної інженерії створюються технології одержання нових, високоефективних, екологічно чистих матеріалів функціонального призначення. Виробництво цих матеріалів засновано на безвідходних і енергозберігаючих технологіях. Будівельні матеріали займають дуже важливе місце серед багатьох факторів, що визначають якість сучасного будівництва, архітектурну цінність будівель та споруд і техніко-економічні показники будівельних проектів. Асортимент і якість виробів будівельної індустрії визначають безпосередній вплив на технічні, естетичні переваги об'єкта та його довговічність. Проблема підвищення загального рівня якості будівництва та архітектури безпосередньо пов'язана з поліпшенням якості будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, впровадженням широкого асортименту нових ефективних матеріалів, які в повній мірі відповідають архітектурно-будівельним вимогам. Від правильного вибору будівельних матеріалів та конструкцій залежить не тільки фізична, а й моральна довговічність будівлі або споруди.

Результат. Знайдено багату кількість новітніх розробок, здатних полегшити процес виготовлення будівельної продукції, покращення її якості.

Ключові слова: інноваційні будівельні матеріали, скляна черепиця, розумний бетон, будівельні блоки з морської солі, рулонний бетон, біонічні QS-матеріали, гнучкий камінь.

Timchenko R. O., Krishko D. A., Savenko V. O., Skribtsova D. A. Use of modern building materials in the design of buildings and structures

Purpose. Investigate and evaluate the main trends in the world market for the development of new building materials and structures. Analysis of the obtained data in order to introduce new products to the domestic market.

Research methods. Monitoring of domestic and European research and the market for innovative developments in the production of building materials and structures.

Scientific novelty. Obtaining comprehensive information about the object of study, which allows you to intelligently integrate the latest developments in the construction industry in our country. The obtained data significantly helps to increase such indicators of construction products as: economy, manufacturability, energy efficiency and environmental friendliness.

Practical significance. Expansion of the domestic market of construction products. Improving the quality of the finished construction product. A feature of modern construction is an extremely wide range of new materials, products and technologies, which due to the intensive development of construction science and technology change every 5-10 years. Thanks to the union of science and civil engineering, technologies for obtaining new, highly efficient, environmentally friendly functional materials are being created. The production of these materials is based on waste-free and energy-saving technologies. Building materials occupy a very important place among the many factors that determine the quality of modern construction, the architectural value of buildings and structures and technical and economic indicators of construction projects. The range and quality of products of the construction industry determine the direct impact on the technical, aesthetic advantages of the object and its durability. The problem of improving the overall level of quality of construction and architecture is directly related to improving the quality of building materials, products and structures, the introduction of a wide range of new effective materials that fully meet the architectural and construction requirements. Not only the physical but also the moral durability of a building or structure depends on the correct choice of building materials and structures.

Result. Found a rich number of the latest developments that can facilitate the process of manufacturing construction products, improving its quality.

Key words: innovative building materials, glass tile, smart concrete, sea salt building blocks, rolled concrete, bionic QS-materials, flexible stone.

Збірник наукових праць

В і с н и к
Криворізького національного університету

Випуск 55

Комп'ютерний набір, верстка

Підпригора Н.П.

Підписано до друку 30.11.22 за рекомендацією Вченої Ради
Криворізького національного університету, протокол № 5 від 28.11.2022 року
Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 22,66 Тираж 100 прим.
Замовл. № 12. Укр., англ.

Надруковано:
ФОП Сінельников Дмитро Анатолійович
Свідоцтво ДК № 6780 від 29.05.2019р.
50027, м. Кривий Ріг,
пр. Металургів, 30/49
тел. (067)773-37-17

Адреса видавництва:
вул. Віталія Матусевича, 11, Кривий Ріг, 50027

Криворізький національний університет, 2022.
Вип. 55, С. 3-192